

# BIOCOMBUSTIBLES, PROMISIÓN O FALACIA

## BIOFUELS, PROMISE OR FALLACY

Eliseo Avella-Moreno

Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

(Recibido: 01/2012. Aceptado: 05/2012)

### Resumen

Mediante relaciones estequiométricas entre productos y reactivos en las ecuaciones de reacción balanceadas y considerando el calor de combustión de seis compuestos puros, usados en primera aproximación como representativos de gas, alcohol, gas licuado de petróleo (GLP), gasolina, diésel y biodiésel, se demostró que, a diferencia de otros combustibles, los biocombustibles, alcohol y biodiésel, en sus combustiones producen mayor contaminación ambiental, generan menos energía por unidad de masa y consumen menos oxígeno. Eso aportó argumentos que controvieren la apología actual acerca de la conveniencia de usarlos como sustitutos de combustibles fósiles.

**Palabras clave:** Biocombustibles, combustible fósil, relaciones estequiométricas, calor de combustión, gases de invernadero, contaminación ambiental, recursos no renovables, fotosíntesis.

### Abstract

By stoichiometric relationships between products and reactants in the balanced reaction equations and considering the heat of combustion of six pure compounds used in first approximation as representative of gas, alcohol, liquefied

petroleum gas (LPG), gasoline, diesel and biodiesel, it was demonstrated that, unlike other fuels, biofuels, alcohol and biodiesel, in their combustions produce more pollution, generate less energy per unit mass and consume less oxygen. That gave arguments that dispute the actual apology regarding the advisability of using them as substitutes for fossil fuels.

**Keywords:** Biofuels, fossil fuel, stoichiometric ratios, heat of combustion, greenhouse gases, pollution, nonrenewable resources, photosynthesis.

## Introducción

Seguramente nada hay tan adictivo para el hombre como los, así llamados, avances tecnológicos: artículos y procesos creados o descubiertos por el ingenio humano puesto al servicio de la búsqueda de mejores condiciones de vida para la especie, dentro de un marco de acción que no puede escaparse de la incertidumbre y bajo el auspicio de tendencias que se orientan indefinidamente para alcanzar unas mejorías desconocidas, apenas soslayadas por la percepción aliada al instinto y proyectadas un poco por la razón y la inteligencia, circunstancialmente condicionadas.

En buena parte una adicción como tal motiva y mantiene actualmente el afán por el hallazgo de nuevos combustibles, sustitutos de fuentes convencionales de energía, en medio de una situación apremiante caracterizada por el agotamiento de recursos no renovables, la creciente demanda de alimentos, las manifiestas alteraciones climáticas, la disminución de los suelos productivos, la inminente crisis de la provisión de agua potable, la transgresión sentida de valores éticos y morales, el mayor apego a los hábitos de vida adquiridos y una explosión demográfica incontrolada, cuyo escenario más general una vez extrapolado indica que unas pocas especies sobreviven en virtud a la producción predadora descontrolada y al aniquilamiento de otras.

En ese sentido, idealmente se buscan compuestos derivados de algún recurso renovable que se pueda producir continuamente, cuya combustión genere la mayor cantidad de energía aprovechable

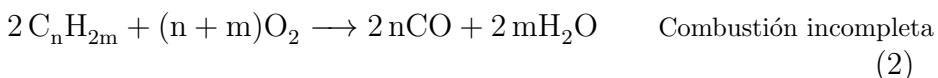
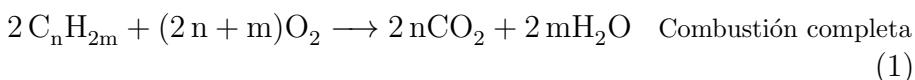
por unidad de masa, que resulten favorablemente económicos en su obtención, transporte, almacenamiento, mercadeo y uso, que de suyo no sean contaminantes ni promotores de riesgos insuperables para la prevalencia de la vida en el planeta y que sean adaptables a los desarrollos tecnológicos contemporáneos. Por eso en el discurso político, a la par con el interés económico mundial, aún con poca disonancia, se hace apología a la conveniencia de promover la producción y el uso de los biocombustibles como sustitutos de las fuentes de energía convencionales, con base en el previsible y cercano agotamiento de los combustibles fósiles y en el reconocimiento tácito de que los biocombustibles suplirán la mayor parte de los requisitos ya mencionados. Entre las justificaciones expresas para promover el uso de los biocombustibles hasta convertirlos en todo un mercado de oportunidad ganan importancia dialéctica, cada vez mayor, su generación a partir de recursos renovables y la menor incidencia de su combustión en el deterioro del medio ambiente, particularmente en cuanto se refiere al calentamiento global, a la lluvia ácida y a la concentración de gases tóxicos en el smog; todos estos, consecuencias ya probadas de la contaminación atmosférica con productos de la quema de combustibles fósiles.

En argumentos relativos a la promoción del uso de los biocombustibles, últimamente y con mucha frecuencia, fácilmente se acude con algún sensacionalismo producto de la oportunidad a expresiones tales como: “sostenibilidad ambiental”, “autosuficiencia energética”, “mejoramiento de la calidad de los combustibles”, “disminución de emisiones de monóxido y dióxido de carbono y demás gases ambientalmente peligrosos”, “combustión limpia”[1, 2] y otros términos o expresiones similares, que como mínimo retan la inteligencia a buscar alguna delimitación de su comprensión e instan la curiosidad a establecer su grado de verdad. En lo que sigue de este escrito se presentan algunos razonamientos que surgen como resultados de un ejercicio elemental de química propuesto para atender ese reto e instancia mencionados mediante un análisis de la reacción en un motor de combustión interna, en relación con el combustible utilizado, en cuanto a la bondad comparativa de éste y a la incidencia de sus productos de combustión en la mitigación

o enmienda del deterioro ambiental y en la preservación de una ecología sana para el planeta y para las especies que lo habitamos, con la expectativa que el ejercicio y los razonamientos que aporta, usados reflexivamente, nos permitan hacer juicios de valor acerca de esa dialéctica en el discurso actual relativo a la promoción del uso de los biocombustibles.

## Análisis y Discusión

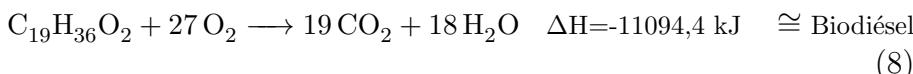
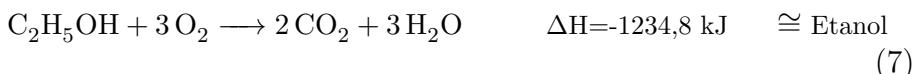
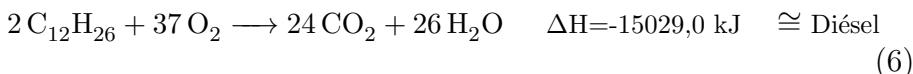
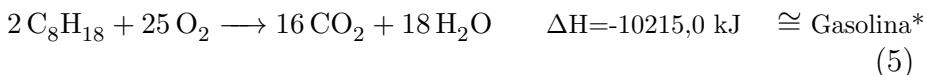
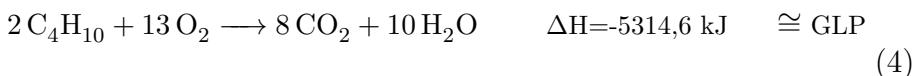
En principio se debe admitir que en un motor de combustión interna ocurren combustión completa y combustión incompleta, según sean las condiciones ambientales donde se lleve a cabo el proceso y dependiendo de la composición de la mezcla de gases que se quema y de la sincronización en su funcionamiento. En la práctica, el predominio de la ocurrencia de un proceso sobre el otro se distingue por la composición de las emisiones del motor. Efectivamente en una combustión completa todo el carbono y el hidrógeno, contenidos originalmente en el combustible, se convierten en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y en agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), mientras que en una combustión incompleta pueden emitirse moléculas del combustible sin reaccionar, partículas de carbono que no alcanzan a oxidarse, vapor de agua y, predominantemente, monóxido de carbono (CO). De este modo, solo con fines de comparación entre combustibles, pueden considerarse dos cotas definidas en el proceso de combustión en un motor en funcionamiento: una en que todo el carbono del combustible se convierte en  $\text{CO}_2$  (combustión completa) y otra en que este sólo se oxida hasta CO (una combustión incompleta particular), expresadas en las siguientes ecuaciones generales:



En las que n y m son números enteros positivos.

Para tener mayor claridad en los argumentos que soporten alguna comparación se puede partir de un modelo simple en el cual cada

combustible a considerar puede representarse por un compuesto particular, a modo de prototipo de composición del combustible, tal como se consigna en la tabla 1. Así, si se incluyen hidrocarburos combustibles y biocombustibles conocidos en el modelo, con la expectativa de concluir respecto a su combustión a partir del paralelo, hecho con base en algunas relaciones estequiométricas y propiedades termodinámicas adecuadas, entre las reacciones de combustión completa y las de combustión incompleta de esos compuestos prototipo, será posible extraer el símil, con algún grado de aproximación, al comportamiento de los combustibles representados por ellos. En un motor que funcione correctamente, con una mezcla de combustible con comburente bien balanceada, debe ocurrir una combustión prácticamente completa. Es decir, si lo que se quema son los compuestos consignados en la tabla 1, en el motor ocurrirán las reacciones descritas por las ecuaciones 3 a 8 [3, 4] como procesos análogos a la combustión de cada combustible representado.



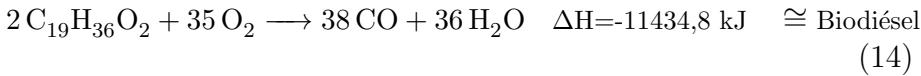
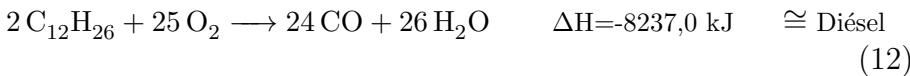
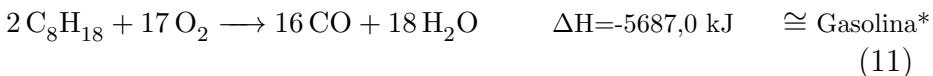
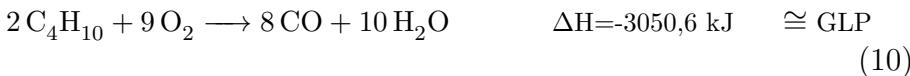
\* En esta ecuación la entalpía de reacción,  $\Delta H$ , se calculó con base en la media de la entalpía estándar de formación de los 18 isómeros octano.

En toda ecuación,  $\Delta H$  se calculó con base en entalpía estándar de formación de los compuestos a 298,15 K ( $\text{CO}_2$  (g), -393,5;  $\text{H}_2\text{O}$  (g), -241,8;  $\text{CH}_4$  (g), -74,6;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (l), -277,6;  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (g), -125,7;  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  (l), -216,7;  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  (l), -350,9;  $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$  (l), -734,5 kJ/mol).

Analogo de	Compuesto	Fórmula
Gas	Metano	$\text{CH}_4(\text{g})$
GLP	Butano	$\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$
Gasolina	Octanos	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$
Diésel	Dodecano	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}(\text{l})$
Etanol	Etanol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$
Biodiésel	Oleato de Metilo	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2(\text{l})$

TABLA 1. *Compuestos análogos a los combustibles considerados en la argumentación del texto.*

Pero si el funcionamiento del motor o el balance de la mezcla de combustible con comburente no son apropiados, entonces la combustión será incompleta y los compuestos en mención experimentarán, en alguna extensión, dependiendo del grado de mal funcionamiento o de desbalance, lo descrito por las ecuaciones 9 a 14 [3, 4].



\* En esta ecuación la entalpía de reacción,  $\Delta H$ , se calculó con base en la media de la entalpía estándar de formación de los 18 isómeros octano.

En toda ecuación,  $\Delta H$  se calculó con base en entalpía estándar de formación de los compuestos a 298,15 K. (CO (g), -110,5 kJ/mol).

Una simple inspección sobre esta serie de ecuaciones balanceadas permite afirmar que no hay un combustible cuya combustión no

Fórmula	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O/O <sub>2</sub>		2 CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> O	Análogo de
	Neto	Relativo	Neto	Relativo		
CH <sub>4(g)</sub>	0,50	1,00	1,00	1,50	1,00	Gas
C <sub>4</sub> H <sub>10(g)</sub>	0,62	1,23	0,77	1,15	1,60	GLP
C <sub>8</sub> H <sub>18(l)</sub>	0,64	1,28	0,72	1,08	1,78	Gasolina
C <sub>12</sub> H <sub>26(l)</sub>	0,65	1,30	0,70	1,05	1,85	Diésel
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(l)</sub>	0,67	1,33	1,00	1,50	1,33	Etanol
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2(l)</sub>	0,70	1,41	0,67	1,00	2,11	Biodiésel

TABLA 2. Razones de cantidad de producto generado por un mismo consumo de oxígeno en la **combustión completa** de los compuestos dados en la tabla 1.

emita alguna carga de gases de invernadero o de monóxido de carbono, como productos de reacción derivados del carbono y del hidrógeno desde el interior de un motor en funcionamiento y que, por ende, no altere el medio ambiente con tales emisiones. Entre aquellos de los que se dispone, se deberá buscar uno que a partir del consumo de una misma cantidad de oxígeno genere la menor emisión de tales gases.

Si, solo por elaborar un índice que permita apreciar cual combustible genera mayores emisiones a partir de una misma cantidad de oxígeno, el coeficiente de cada producto (CO<sub>2</sub> o CO y H<sub>2</sub>O) se divide entre el coeficiente del oxígeno que actúa como reactivo en las ecuaciones 3 a 14, se obtienen los cocientes consignados en las tablas 2 y 3, bajo los encabezados CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, CO/O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>, como un valor neto. De esos cocientes, normalizados respecto al de menor valor neto, derivan los datos que facilitan la comparación de los combustibles según produzcan más o menos CO<sub>2</sub>, CO o H<sub>2</sub>O en su combustión completa o incompleta y que en la tabla aparecen bajo el encabezado “Relativo”.

Los valores neto y relativo que aparecen bajo los encabezados 2CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O o CO/H<sub>2</sub>O en las tablas dan un índice de la proporción del oxígeno requerido por la combustión que finalmente resulta enlazado a carbono (componiendo gases contaminantes) o a hidrógeno (constituyendo agua) en las emisiones producto de la combustión completa e incompleta que ocurren, juntas y en variadas proporciones, en el motor en funcionamiento.

En esta primera aproximación, etanol y oleato de metilo representan biocombustibles conocidos. Los datos en las tablas 2 y 3 muestran que la combustión completa o incompleta de oleato de metilo, en

Fórmula	CO/O <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O/O <sub>2</sub>		CO/H <sub>2</sub> O	Análogo de
	Neto	Relativo	Neto	Relativo		
CH <sub>4(g)</sub>	1,00	1,13	2,00	1,94	0,50	Gas
C <sub>4</sub> H <sub>10(g)</sub>	0,89	1,00	1,11	1,08	0,80	GLP
C <sub>8</sub> H <sub>18(l)</sub>	0,94	1,06	1,06	1,03	0,89	Gasolina
C <sub>12</sub> H <sub>26(l)</sub>	0,96	1,08	1,04	1,01	0,92	Diésel
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(l)</sub>	1,00	1,13	1,50	1,46	0,67	Etanol
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2(l)</sub>	1,09	1,22	1,03	1,00	1,06	Biodiésel

TABLA 3. Razones de cantidad de producto generado por un mismo consumo de oxígeno en la **combustión incompleta** de los compuestos dados en la tabla 1.

comparación con la de cualquier otro combustible considerado, genera la mayor emisión de CO<sub>2</sub> y de CO a partir de consumos equivalentes de oxígeno. A este le sigue el etanol, que en combustión incompleta por cada unidad de oxígeno consumido emite apenas 9% menos CO que el oleato de metilo y una cuantía igual a la del metano. Adicionalmente, la combustión completa o incompleta del oleato de metilo, que representa al biodiésel, fija más oxígeno a carbono (en CO<sub>2</sub> ó CO) que a hidrógeno (en H<sub>2</sub>O). Por ende, si alguna importancia se da a la inocuidad del agua que se genere en la reacción, en comparación con la combustión de cualquier otro combustible aquí representado, la de biodiésel es la que incide más drásticamente por sus emisiones en el deterioro del medio ambiente. A este respecto, la combustión del etanol consigue un mejor balance, aunque fija 33% a 34% más oxígeno en forma de CO<sub>2</sub> o de CO que de agua, en comparación con la del metano, el hidrocarburo que hace el reparto más equitativo en su combustión. Paradójicamente, a modo de paliativo de esa drástica incidencia en la contaminación del medio, la combustión completa de etanol o de oleato de metilo consume 25% a 29% menos de oxígeno por unidad de carbono que el metano, el mayor consumidor de oxígeno en combustión completa, mientras que la combustión incompleta de estos, o de metano, consume 11,5% o 18,6% menos que la del gas licuado de petróleo, GLP, el mayor consumidor de oxígeno en combustión incompleta.

Cabe advertir en este punto que la conservación de la masa y de la energía no garantizan que las especies químicas dejen de transformarse en otras cada vez menos accesibles para efectos de

los requerimientos propios de la supervivencia de las especies vivas, puede llegar a un punto en que la escasez de las más necesarias genere la sensación e imponga las consecuencias de consumos o pérdidas en el proceso verdaderamente grandes. Basta considerar que a pesar de la enorme evolución biológica, el oxígeno enlazado a carbono o a hidrógeno, tal como aparece en los productos de la combustión, no le resulta respirable a muchas especies vivas. Los transportadores de oxígeno en sus torrentes circulatorios todavía no logran competir efectivamente con la fortaleza de las uniones químicas que fijan el oxígeno en esas moléculas. Surge entonces un serio dilema: ¿Cuál de dos combustibles será más favorable en la práctica, uno que en su combustión produzca menores emisiones de CO<sub>2</sub> y de CO u otro que consuma menos oxígeno, si a la postre CO<sub>2</sub>, CO y H<sub>2</sub>O fijan el O<sub>2</sub> que es vital para la respiración de algunos seres vivos, entre ellos el hombre? Tomando en cuenta que en la práctica el peso (una función de la masa) tiene mayor sentido físico, como atributo de algo, que la cantidad de sustancia y dada la complejidad del dilema propuesto parece conveniente hacer noción más de la masa que de las moles<sup>1</sup> de cada combustible que se requiere llevar a combustión para obtener una misma cantidad de energía, toda vez que se hace noción de sus características como fuente de potencia aprovechable en relación con alguna masa del combustible, o de la materia prima de la que este deriva. Mientras se mantengan los índices netos y relativos vistos en las tablas 2 y 3, cuanto mayor sea la masa requerida para generar una cierta energía, serán más grandes la emisión de gases peligrosos y el consumo de oxígeno en la combustión, aun cuando el combustible sea el menor emisor de contaminantes o el menor consumidor de oxígeno entre todos aquellos considerados.

La masa de compuesto que se debe quemar en un motor para producir un kilojoule de energía es parte de los datos consignados en la tabla 4. Estos muestran que para obtener una misma cantidad de energía en su reacción de combustión completa o incompleta

---

<sup>1</sup>Aun con los avances hechos, carecemos de algún instrumento para medir directamente las moles de alguna sustancia. Su peso, y por su intermedio su masa, resultan más susceptibles de medir directamente.

Fórmula	Combustión Completa mg/kJ	Índice*	Combustión Incompleta mg/kJ	Índice*	Análogo de
CH <sub>4</sub> (g)	19,9	1,00	30,8	1,54	Gas
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (g)	21,8	1,09	38,0	1,91	GLP
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (l)	22,3	1,12	40,1	2,01	Gasolina
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> (l)	22,6	1,13	41,3	2,07	Diésel
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH(l)	26,7	1,34	51,8	2,60	Etanol
C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> (l)	37,3	1,87	68,8	3,45	Biodiésel

\* Masa relativa respecto a la menor requerida para generar un kilojoule (19,9 mg de CH<sub>4</sub>/kJ).

TABLA 4. *Relación de masa, en mg, necesaria para generar un kilojoule de energía en la combustión de los compuestos dados en la tabla 1.*

se requiere mayor masa de alcohol (M = 46 g/mol) o de oleato de metilo (M = 296 g/mol) que de cualquier otro combustible considerado. Efectivamente, se debe llevar a combustión completa una masa mayor de biocombustible que de gas (87 % más de etanol, o 34 % más de oleato de metilo) para generar alguna energía requerida. Cualquier participación de combustión incompleta en el proceso implicará quemar una masa mayor de combustible para obtener esa misma cantidad de energía. Con base en este criterio, el dilema planteado anteriormente puede resolverse, a favor del uso de combustibles que generen más energía por unidad de masa y que en lo posible emitan menos CO<sub>2</sub> y CO que los biocombustibles, así estos resulten un poco menos consumidores de oxígeno en su combustión que algunos otros. Es decir, el metano, análogo del gas natural, resulta el más promisorio de todos porque se origina en procesos de biodigestión controlada de la materia orgánica y su combustión completa o incompleta fija menos oxígeno en forma de CO<sub>2</sub> o CO, que en forma de agua.

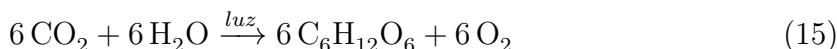
Entonces, la promoción que se hace en el discurso común relativo al uso de los biocombustibles como sustituto benéfico de los combustibles fósiles, que obviamente se agotan, se convierte en algo verdaderamente objetable si se somete al escrutinio con estos razonamientos, particularmente, si se considera que en el planeta todavía puede asegurarse alguna provisión abundante de oxígeno a expensas de procesos naturales que alteren menos desfavorablemente las condiciones ambientales actuales y que, con alguna probabilidad, conduzcan a la rehabilitación de un medio ambiente más amigable.

En la práctica, los combustibles con los que operan los motores en realidad no son compuestos puros, como los que se consideraron en la aproximación antes discutida (Tabla 1). Son mezclas de compuestos más o menos complejas en las que, en ausencia de algún efecto sinérgico, las relaciones estequiométricas entre productos y reactivos y la energía generada por la combustión completa, e incompleta (operando en alguna proporción) resultan como un promedio ponderado determinado por las fracciones definidas de los componentes en su composición. Eso implica que, si no interviene algún efecto sinérgico, los componentes exhiben e imponen su carácter en las propiedades resultantes del combustible, incluido el costo, en función del valor de la fracción que representen en la composición de la mezcla y no cabe esperar propiedades tan novedosas e imprevisibles que no puedan explicarse a partir de esa composición y de la naturaleza de la combustión que opere en el motor. Con ayuda de un cálculo sencillo, puede probarse correctamente que una gasolina en mezcla con alguna fracción de etanol, o un diésel con alguna fracción de biodiésel, producirá menos energía, generará mayor emisión de CO<sub>2</sub> y de CO y se quemará con un menor consumo de oxígeno por unidad de masa que la gasolina o el diésel sin incorporación de biocombustible en mezcla. Por consiguiente, para conseguir que una mezcla, hecha de hidrocarburos combustibles convencionales con biocombustibles, produzca más energía por unidad de masa, emita menos gases contaminantes y cueste un poco menos es necesario incluir en su composición menos biocombustible.

Mientras se mantiene el afán por hallar compuestos que sustituyan los combustibles convencionales que actualmente hacen funcionar millones de millones de motores, se debería considerar que compartimos un planeta de dimensiones y recursos limitados con numerosas especies y grandes poblaciones de individuos capaces de respirar oxígeno y emitir dióxido de carbono durante todo su ciclo de vida y aun en su descomposición tras la muerte, mediante un proceso análogo a la combustión. Simpáticamente, y desde ya hace mucho tiempo, solo los dotados de inteligencia manejamos el fuego o la combustión y somos hábiles generándolos a partir de cualquier material hidrocarbonado. Eso nos hace responsables de

estadísticas destacables de producción en términos de cantidad y frecuencia muy superiores en comparación con aquellas debidas a combustiones espontáneas ocasionadas por otras causas naturales (volcanes, rayos, irradiación solar, sequía, etc.).

De hecho, la respiración de oxígeno con emisión de dióxido de carbono es un tipo de combustión que se multiplica, en continuo, por cada ser vivo que puede respirar y que junto a cualquier quema de combustibles compite activamente por el oxígeno en el medio. La fuente por excelencia de este elemento es la fotosíntesis que en su fase lumínica libera oxígeno desde el agua y en su fase oscura usa dióxido de carbono como sustrato de síntesis de otras moléculas útiles para los seres vivos[5] dentro de un proceso global que se plantea así:



Esto indica que los organismos capaces de hacer fotosíntesis son los mejores candidatos para restituir el equilibrio y rescatar el oxígeno que las combustiones y la respiración enlazan al carbono o al hidrógeno en sus productos, CO<sub>2</sub>, CO y H<sub>2</sub>O. Lo harán seguramente, si logran romper ese círculo de acumulación de productos y demanda de oxígeno que tales procesos implican y si la contaminación actual les permite sobrevivir en un medio que real, paulatina e indirectamente los convierte en recursos no renovables, a perpetuidad o a cada vez menos corto plazo, como consecuencia del deterioro de los suelos, de las variaciones climáticas y de la introducción de algunas prácticas culturales humanas.

Probablemente las fuentes de materias primas para la elaboración de los biocombustibles acabarán adquiriendo el carácter de recursos no renovables, muy a pesar de su naturaleza en un principio, tal como lo hicieron los seres vivos a partir de los que se originaron los combustibles fósiles. No es difícil pronosticar que si se requiere quemar una mayor masa de biocombustibles para suprir una misma o mayor demanda de energía será necesario cultivar intensivamente los precursores, destinar extensiones de suelo o disponer medios de cultivo más grandes en el planeta para realizar las prácticas culturales a lugar y asumir todos los riesgo inherentes de deterioro

del suelo, de contaminación del medio, de promoción de resistencia de plagas y enfermedades que sobreverán con los monocultivos. Lo realmente preocupante es que todo eso deberá suceder dentro del mismo sistema limitado que, solo por aludir a cifras y a modo de ejemplo, en lo que transcurrió de enero a julio de 2008 perdió más de seis millones de hectáreas de selva y más de tres millones y medio de hectáreas de área productiva a causa de la erosión (casi 13 000 millones de toneladas métricas de suelo productivo), convirtió más de tres millones de hectáreas en desierto debido a manipulaciones erradas y emitió más de 12 000 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>; ese mismo sistema que para entonces contaba con más de 7067 millones de seres humanos aportándole a tal depredación [6].

## Conclusiones

A partir de relaciones estequiométricas y cálculos sencillos en las ecuaciones de reacción de combustión balanceadas de unos pocos compuestos considerados análogos o representativos de gas natural, gas licuado de petróleo, GLP, gasolinas, diésel, y biodiésel se hallaron argumentos que demuestran controvertible la promoción que se hace en el discurso actual acerca de la producción y del uso de los biocombustibles mediante apologías y expresiones políticas tales como: los “beneficios” de los combustibles de última generación, los sustitutos de los combustibles convencionales aptos para alcanzar el “mejoramiento de la calidad de los combustibles”, la “autosuficiencia energética”, y la “sostenibilidad ambiental” mediante una “combustión limpia” en el interior del motor que a la vez es ambientalmente amigable. Con estos razonamientos se infiere que la combustión de biocombustibles, en comparación con la de otros combustibles, produce mayor cantidad de emisiones contaminantes y genera menor energía por unidad de masa. Tal vez esas expresiones tienen algún fundamento en manifestaciones de pésima contrición, visiones de quimeras o verdadera resignación a soportar los efectos adversos por no renunciar al uso y en el horror que engendra admitir el cambio de hábitos adquiridos y fuertemente arraigados en nuestra cultura.

## Agradecimientos

Agradezco a los Profesores de la Universidad Nacional de Colombia Gabriel Restrepo, Jesús Enrique Rodríguez y Luis Bernardo López por instarme a escribir estas ideas y animarme a expresar estos razonamientos que surgieron en una discusión académica que hicimos en el grupo de trabajo de la Dirección de Admisiones de la Universidad Nacional de Colombia y al Profesor Álvaro Mariño por sus amables consideraciones al momento de publicarlos.

## Referencias

- [1] Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, “Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia,” (Departamento Nacional de Planeación, Documento Conpes 3510, marzo 31 de 2008).
- [2] J. C. Vera-Díaz, “El programa de biocombustibles en Colombia,” (Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, noviembre 28 de 2007).
- [3] D. Lide, “CRC handbook of chemistry and physics, 84th edition,” (Taylor & Francis, 2003) pp. 5–18, 5–28, 5–31, 5–38, 5–53, 5–58, 5–60.
- [4] K. Brown, T. Brown, H. Lemay, and B. Bursten, “Chemistry: The central science, 8th edition,” (Prentice Hall, 2000) p. 167.
- [5] D. Nelson and M. Cox, “Lehninger principles of biochemistry, fourth edition,” (Macmillan Higher Education, 2004) p. 599.
- [6] “<http://www.worldometers.info/>,” (19:07:2008; 9:06 a. m.; 2012; 8:56 p. m.).