
LOS BIO-COMBUSTIBLES Y LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Jorge Laine

RESUMEN

El agotamiento de las reservas mundiales de hidrocarburos fósiles pronosticado para el presente siglo, hará necesario la implementación de tres alternativas: 1) uso de bio-combustibles, 2) energía solar a través de celdas fotovoltaicas, y 3) energía nuclear y otras. Aunque el uso de los bio-combustibles es la alternati-

va más cercana, no debe tomarse como definitiva, ya que puede atender contra el suministro de alimentos para el ser humano. Los bio-combustibles pueden mejor considerarse como un vehículo de transición entre la era de los combustibles fósiles y la era de las nuevas alternativas energéticas.

BIO-FUELS AND HUMAN NUTRITION

Jorge Laine

SUMMARY

The exhaustion of the world fossil hydrocarbon reserves predicted for the present century will make it necessary to implement three emergent alternatives: 1) the use of bio-fuels, 2) solar energy through photovoltaic cells, and 3) nuclear energy and others.

Although the use of bio-fuels is the nearest alternative, it should not be taken as definitive, because it can upset human food supply. Bio-fuels could be better considered as a transition vehicle between the fossil fuel age and the age of new energy alternatives.

Introducción

Los bio-combustibles pueden ser definidos como aquel tipo de sustancia que con simples transformaciones químicas sirven tanto como alimento para el ser humano así como también alimento para maquinas de combustión. Por ejemplo, el azúcar proveniente de un cañaveral para el consumo humano, puede también transformarse en etanol para sustituir a la gasolina de un motor. Otro ejemplo, el aceite vegetal comestible (ajonjolí,

soya, etc) y también la grasa animal, pueden transformarse en un gasoil actualmente referido como "bio-diesel".

Los bio-combustibles, también referidos como agro-combustibles, son por lo tanto sustancias derivadas de la biomasa, que a su vez puede ser definida como aquel conjunto de materias primas de origen biológico, no fósil, apropiadas para producir energía por combustión (Berndes *et al.*, 2003; Crocker y Crofcheck, 2006). El concepto de la biomasa puede

simplificarse al hacer un símil con una central de producción de energía eléctrica a partir de la combustión de hidrocarburos fósiles (carbón, petróleo o gas natural), con la diferencia que la central usa, por ejemplo, madera en vez del hidrocarburo fósil como combustible. En otras palabras, la biomasa puede ser una fuente no-fósil de combustibles en general; y los bio-combustibles, además de poder ser producidos a partir de cultivos de alimentos humanos, como se citó arriba,

para la obtención de etanol y bio-diesel, pueden también ser producidos si se aplican a la biomasa procesamientos similares a los empleados para la obtención de combustibles a partir de materia prima fósil, tales como pirolisis, gasificación, reformación, etc. (Klass, 1981). Cabe destacar que en los casos de la caña de azúcar y el maíz, la producción del alimento humano es más fácil que la producción del bio-combustible respectivo (etanol en esos casos). En otros casos, como en ciertas

PALABRAS CLAVE / Alimentos / Biocombustibles / Biomasa / Caña de Azúcar / Energía Renovable /

Recibido: 20/06/2007. Modificado: 15/11/2007. Aceptado: 19/11/2007

Jorge Laine. Ph.D. en Química,
Imperial College, University

of London, RU., Investigador,
Instituto Venezolano de Investiga-

ciones Científicas (IVIC). Direc-
ción: Centro de Química, IVIC.

Apartado 20632, Caracas 1020A,
Venezuela. e-mail: jlaine@ivic.ve

RESUMO

O esgotamento das reservas mundiais de hidrocarbonetos fósseis prognosticado para o presente século, tornará necessária a implementação de três alternativas: 1) uso de biocombustíveis, 2) energia solar através de células fotovoltaicas, e 3) energia nuclear e outras. Ainda que o uso dos biocombustíveis seja a

alternativa mais próxima, não deve tomar-se como definitiva, já que pode atentar contra o subministro de alimentos para o ser humano. Os bio-combustíveis podem melhor considerar-se como um veículo de transição entre a era dos combustíveis fósseis e a era das novas alternativas energéticas.

plantas oleaginosas, la producción del bio-combustible podría ser más atractiva que la obtención del respectivo alimento humano.

La producción de bio-combustibles requiere del uso de extensiones de tierra fértil, por lo que habría que preguntarse si un uso a gran escala para una posible sustitución de los combustibles fósiles pudiese plantear una competencia por las tierras fértiles que deben ser destinadas para el cultivo y la cría con fines de la alimentación humana.

Con vista a lo expuesto, en este trabajo se realizan estimaciones a escala global de los requerimientos de superficie terrestre necesaria para el abastecimiento de la alimentación humana, así como para un supuesto abastecimiento de bio-combustibles con el fin de reemplazar a los hidrocarburos fósiles.

Como datos de partida se tomará una población global de 6×10^9 personas, y una superficie de tierra igual a 15Gha ($1,5 \times 10^{10}$ ha o $1,5 \times 10^{13}$ m²), equivalente a $\sim 1/3$ de la superficie total del planeta Tierra. El otro 2/3, el mar, no es considerado en este trabajo, aunque también representa una fuente de alimentación humana a través de la pesca. Como una aproximación bastante cercana a la realidad, se considera que el suelo terrestre se divide en tres partes iguales de 5Gha cada una: una parte de tierras aptas para el cultivo (incluyendo pastizales para la cría), una parte de selvas y bosques maderables (Amazonas, Siberia, Canadá, etc), y otra parte de zonas actualmente infértiles (desiertos, páramos, etc).

Requerimiento Terrestre para Alimentación Humana

Partiendo de que una persona en promedio requiere para vivir de unas 3000Kcal diarias de energía provenientes de los alimentos, se puede calcular un equivalente de azúcar (4Kcal/g) para así calcular la superficie de cañaveral necesario. De esta manera, suponiendo que 1ha de cañaveral produce en promedio 5ton de azúcar al año (Laine, 1998), se obtiene que sería suficiente para alimentar teóricamente a 18 humanos al año, a razón de 275kg de azúcar al año por persona. De aquí se deduce que serían necesarias 0,3Gha para alimentar a toda la población humana del planeta, lo que representa menos del 10% de la superficie apta para cultivo, de 5Gha, arriba mencionada.

Sin embargo, cabe destacar que los valores de consumo humano calculados de esta forma deben tomarse como un promedio que puede variar de acuerdo a ciertos parámetros, como por ejemplo la situación socioeconómica regional, lo cual implica que mientras en un país rico la dieta comprende alimentos de lujo (carnes, quesos, jugos, café, etc.) que requieren de una mayor área de cultivo que la requerida para los alimentos básicos (granos), en un país pobre la dieta comprende principalmente tales alimentos básicos. Esto quiere decir que si tomamos en cuenta el parámetro de equivalentes de trigo (Gerbens-Leenes and Nonhebel, 2002) los habitantes de Etiopía se alimentan cada uno con 200kg de trigo al año, mientras que los holandeses lo hacen con 800kg. No obstante, las diferencias entre las técni-

cas agropecuarias empleadas en países desarrollados y en países del llamado tercer mundo hacen que la producción en equivalentes de trigo sea apenas de 2ton/ha en Etiopía pero de más de 10ton/ha en Holanda (Berndes *et al.*, 2003; Nonhebel, 2005). Por lo tanto, no habría mucha diferencia en cuanto a la disponibilidad de la tierra para la alimentación, para los casos hipotéticos de que toda la población del mundo estuviera constituida por solo etíopes o por solo holandeses, requiriéndose en cada caso 0,6Gha y 0,5Gha respectivamente, valores que representan $\sim 10\%$ de la superficie apta para cultivo. Aún en el más extremo de los casos, es decir que todos los alimentos se produzcan al ritmo etíope pero que todos los habitantes del planeta se alimenten como los holandeses, se necesitarían 2,4Gha, por lo que la disponibilidad actual de la tierra apta para cultivo (5Gha) sería suficiente.

Aunque los valores hasta ahora analizados en este trabajo arrojan buenas expectativas en cuanto a la alimentación humana a escala global se refiere, todavía faltan por resolver otros problemas que mantienen a más del 10% de la población mundial, cerca de 800 millones, sufriendo de desnutrición (WHO, 2003).

Requerimiento Terrestre para Bio-combustibles

Aunque en la actualidad existen en el mundo suficientes reservas de hidrocarburos fósiles (carbón, petróleo y gas natural) como para continuar el ritmo actual de consumo energético por varias décadas, es de esperar que esas

reservas se agoten este mismo siglo, en particular las del petróleo, ya que es el hidrocarburo de mayor demanda. Las principales alternativas emergentes son (Grubler and Nakicenovic, 1997) el uso de bio-combustibles, la energía solar a través de celdas fotovoltaicas, y la energía nuclear. Otras alternativas pueden ser consideradas como complementarias, tales como energía termo-solar, energía eólica, pozos geotérmicos, cambios de las mareas, etc.

El uso del hidrógeno como combustible no debe incluirse como una alternativa *per se*, ya que para producirlo haría falta el empleo de alguna de las alternativas antes nombradas. El hidrógeno es considerado como el combustible del futuro por muchos científicos, ya que además de que su combustión no produce CO₂, principal gas de efecto invernadero, facilitaría la implementación de las celdas de combustible (actualmente probadas en los llamados vehículos híbridos), las cuales convierten la energía de la combustión directamente en electricidad, resultando una mayor eficiencia en comparación con los actuales motores que convierten la energía del combustible en calor.

Se debe resaltar también que debido al carácter renovable (reciclable) de los bio-combustibles, el efecto neto en el aumento de la concentración atmosférica de CO₂ por la combustión de bio-combustibles es teóricamente cero, tal como se muestra para el caso del etanol producido a partir de caña de azúcar en el siguiente esquema simplificado de reacciones químicas que implican la transformación

de energía solar en energía “renovable”:

Fotosíntesis:	$3\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{energía solar} \rightarrow 3\text{CH}_2\text{O}$ (azúcar) + 3O_2
Fermentación:	$3\text{CH}_2\text{O}$ (azúcar) $\rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol) + CO_2
Combustión:	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (etanol) + $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{energía renovable}$
Neto:	Energía solar \rightarrow Energía renovable

Por lo tanto, el uso de los bio-combustibles, así como también las otras alternativas citadas, contribuirían a frenar el calentamiento global actualmente atribuido a la quema de los hidrocarburos fósiles (Stern, 2006). La captura y almacenamiento (secuestro) de CO_2 emitido (Lackner, 2003) es un tema prioritario para poder continuar usando los hidrocarburos fósiles sin dañar la atmósfera.

Es posible afirmar con certeza que el uso de bio-combustibles es la alternativa más cercana, ya que la tecnología necesaria para su uso es prácticamente la misma que para el uso de los combustibles fósiles. Por ejemplo, un automóvil que funciona con gasolina podría también funcionar con etanol puro, simplemente cambiando algunos componentes del motor, como mangueras y otros, y realizando algunos ajustes en la carburación. Por el contrario, las otras dos alternativas, celdas fotovoltaicas y energía nuclear, necesitan de la solución de aspectos técnicos importantes. Por ejemplo, en el caso de las celdas fotovoltaicas (Green, 1993) se hace necesario el almacenamiento de grandes cantidades de energía para compensar por la variación de la radiación solar durante los cambios del día a la noche, o de cielo despejado a cielo nublado. En el caso de la energía nuclear, los principales problemas son el desecho del material radiactivo usado y el riesgo de contaminación por accidentes o mal manejo. Por ejemplo, solo ha sido posible desarrollar con éxito un tipo de vehículo de transporte con energía nuclear, el submarino nuclear, ya que el gran peso del plomo necesario para aislar la cabina de la tripulación resulta útil como lastre para el hundimiento de la nave.

Sin embargo, así como pasaron algunas décadas entre el descubrimiento de la máquina

de vapor, la cual inició la era de los combustibles fósiles, y el

desarrollo de los modernos motores de combustión interna, es de esperarse otro período de tiempo para el mejoramiento de la aplicación de las citadas alternativas emergentes.

En el caso de los bio-combustibles, habría problemas por resolver también en el supuesto caso de su uso a gran escala. Uno de ellos es asegurar la no-invasión del área de cultivo destinada a la alimentación del ser humano. Otro es evitar la destrucción de área boscosa por una expansión de la explotación de la biomasa. La conversión de áreas que comprenden la parte infértil de la tierra (5Gha) en áreas fértiles usando artificios como por ejemplo la aforestación (Sedjo, 1989), contribuiría a subsanar esos problemas. En relación con esto, el actual debate sobre el origen antropogénico de un tipo de suelo fértil, la “terra-preta” del Amazonas (Sombroek, 1992; Marris, 2006), ha dado origen a la consideración del “agri-char”, o “bio-char” como un importante nuevo concepto, no solo para el acondicionamiento de suelos desgastados sino también para el secuestro de carbono con fines de abatir el calentamiento global (Lehmann *et al.*, 2006). Como un ejemplo del uso de energía renovable a través de la biomasa (Oil Mallee, 2001), en Australia existen plantas industriales que procesan árboles de eucalipto que perduran por más de 100 años con raíz retoñable que permite cosechas cada 2-5 años pudiendo producir, además de energía eléctrica, aceite de eucaliptos que puede transformarse en bio-diesel, y carbón activado que puede ser usado como adsorbente o como “agri-char”.

Los cálculos siguientes darán una idea acerca de la cantidad de tierra necesaria en el supuesto caso del uso de bio-combustibles a gran escala. Suponiendo que toda la producción actual

de petróleo del mundo (30Gb por año, 1 b(barril)=160 litros) deba substituirse por etanol, con una densidad de $0,8\text{g/cm}^3$, y partiendo del criterio de que por cada tres moléculas de azúcar (30g/mol) se produce una de etanol (46g/mol), se necesitarían producir entonces $7,5 \times 10^9$ ton de azúcar para poder obtener la cantidad de etanol requerida. Usando el valor de la producción de un cañaveral (5ton/ha), se utilizaría una extensión de 1,5Gha de área de cultivo, es decir un 30% del total disponible en el mundo, que como se indicó arriba es de 5Gha.

Es importante hacer notar que el consumo de combustibles (ya sea petróleo o bio-combustible) varía de acuerdo al nivel de desarrollo del país; es decir, varía de acuerdo al nivel de la demanda energética *per capita* del país. El rango de esta demanda oscila desde aproximadamente 10Gcal/año *per capita* en algunos países del llamado tercer mundo hasta 50Gcal/año *per capita* en los países más desarrollados (Hall *et al.*, 1993). Esto quiere decir que el deseado futuro desarrollo de los países del tercer mundo implicaría un aumento considerable en la demanda mundial de combustibles.

Como un dato curioso derivado de los cálculos realizados, el ser humano supuestamente consume en promedio 10 a 50 veces mas energía, según sea el nivel de desarrollo del país, que la que gasta debido a su metabolismo.

Conclusión

Aunque el valor estimado para el requerimiento de tierra fértil para la sustitución total del petróleo por bio-combustibles (30% del total disponible) no alcanza a comprometer el requerimiento de tierra fértil estimado para la alimentación humana a nivel global (10% del total disponible), es de suponer una situación mucho mas comprometida en el futuro por un posible aumento en la demanda de los bio-combustibles debido no solo al aumento de la población humana sino también al aumento del nivel de desarrollo de los países, en particular de

aquellos países catalogados como del tercer mundo.

REFERENCIAS

- Berndes G, Hoogwijk M, Brock R (2003) The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass Bioenergy* 25: 1-28.
- Crocker M, Crofcheck C (2006) Biomass conversion to liquid fuels and chemicals. *Energeia* 17: 1-3.
- Gerbens-Leenes PW, Nonhebel S (2002) Consumption patterns and their effects on land required for food. *Ecol. Econ.* 42: 185-199.
- Green MA (1993) Crystalline and polycrystalline silicon solar cells. En Johansson TB, Kelly H, Reddy AKN (Eds.) *Renewable Energy, Sources for Fuels and Electricity*. Island Press. Washington, DC, EEUU. pp.337-360.
- Grubler A, Nakicenovic N (1997) Decarbonizing the global energy system. *Technol. Forecast. Social Change* 53: 97-110.
- Hall DO, Rosillo F, Williams RH, Woods J (1993) Biomass for energy: supply prospects. En Johansson TB, Kelly H, Reddy AKN (Eds.) *Renewable Energy, Sources for Fuels and Electricity*. Island Press. Washington, DC, EEUU. pp. 593-651.
- Klass DL (1981) *Biomass as a Nonfossil Fuel Source*. American Chemical Society Symposium Series 144. Washington, DC, EEUU. 564 pp.
- Lackner KS (2003) A guide to CO_2 sequestration. *Science* 300: 1677-1678.
- Laine J (1998) La caña de azúcar y la palma de coco: fuentes de investigación y desarrollo para el mejoramiento ambiental. *Interiencia* 23: 113-116.
- Lehmann J, Gaunt J, Rondon M (2006) Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems: a review. *Mitig. Adapt. Strat. Global Change* 11: pp. 403-427.
- Marris M (2006) Black is the new green. *Nature* 442: 624-626.
- Nonhebel S (2005) Renewable energy and food supply. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 9: 191-201.
- Oil Mallee (2001) Integrated Wood Processing. www.oilmallee.com.au
- Sedjo RA (1989) Forests, a tool to moderate global warming. *Environment* 31: 14-20.
- Sombroek WG (1992) Biomass and carbon storage in the Amazon ecosystems. *Interiencia* 17: 269-272.
- Stern (2006) Stern Review Report on the Economics of Climate Change, Executive Summary. www.hm-treasury.gov.uk
- WHO (2006) (Standing Committee on Nutrition, www.who.int/entity/moveforhealth/publications/nmh_scn06_participants_statement.pdf