

---

**LA BIOENERGÍA COMO ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO  
SUSTENTABLE**

---

Jorge Laine

*RESUMEN*

*Este ensayo trata sobre el pronóstico de transición de la actual economía basada en la energía de los combustibles fósiles, hacia la recién nombrada economía 'verde' basada en desarrollos sustentables de energías limpias y renovables. El uso de la*

*bioenergía derivada de programas agroforestales y del reverdecimiento de desiertos es planteado como una alternativa viable en esa transición.*

**BIOENERGY AS AN ALTERNATIVE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

Jorge Laine

*SUMMARY*

*This assay deals with the prediction of the transition of actual economy based on the energy of fossil fuels, towards the recently called 'green' economy based on sustainable clean and*

*renewable energies. The use of bio-energy derived from agroforestry programs and from desert greening is considered as a viable alternative for that transition.*

**A BIOENERGIA COMO ALTERNATIVA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Jorge Laine

*RESUMO*

*Este ensaio trata sobre o prognóstico de transição da atual economia baseada na energia dos combustíveis fósseis, para a recém nomeada economia 'verde' baseada em desenvolvimentos sustentáveis de energias limpas e renováveis. O uso da bio-*

*nergia derivada de programas agroflorestais e do reverdecimento de desertos é sugerido como uma alternativa viável nessa transição.*

---

Actualmente, los desarrollos sobre producción de energía nuclear están siendo promovidos por el exponencial consumo de energía de la creciente población humana y el conse-

cuente agotamiento de las reservas naturales de combustibles fósiles, principalmente las de petróleo. Sin embargo, los accidentes de Chernobyl y Fukushima; junto con la incer-

tidumbre acerca de la contaminación producida por los desechos radioactivos de la fisión nuclear, y el temor derivado por la proliferación de armamentos nucleares, respaldan la

necesidad de converger en desarrollos en base a fuentes alternativas de energía.

Como ejemplo de posible alternativa, si se lograra el reverdecimiento del Sahara

---

**PALABRAS CLAVE / Bioenergía / Desarrollo Sustentable / Economía Verde / Reverdecimiento de Desiertos /**

---

Recibido: 06/03/2013. Aceptado: 18/02/2014.

Jorge Laine. Ph.D., Imperial College, London University, RU. Investigador, Instituto Venezolano

de Investigaciones Científicas (IVIC). Dirección: Centro de Química, IVIC. Apartado

21827, Caracas, 1020A, Venezuela. e-mail: jlaine@ivic.gov.ve

(~1Gha) tendríamos bioenergía suficiente para reemplazar toda la producción mundial del petróleo (~ 30Gtbl/año) por biocombustibles; teniendo en cuenta que ciertos cultivos (caña de azúcar, palma africana) pueden capturar suficiente carbono atmosférico como para obtener anualmente hasta 30tbl de etanol o biodiesel por hectárea de producción (Laine, 2009). Alternativamente, en el mismo marco de la bioenergía como energía renovable, está el procesamiento integral de bosques maderables para alimentar biorefinerías que produzcan electricidad y biodiesel en el caso de árboles resinosos de crecimiento rápido como el eucalipto (Enecom, 2012), u otro tipo de biorefinerías que produzcan etanol usando nuevos procesos de fermentación de maderas de alto contenido celulósico como el álamo (Liu *et al.* 2009; Randle, 2010, Arora *et al.* 2013). Métodos agroforestales de granjas que integren cultivos herbáceos (pastos, trigo, maíz, caña de azúcar) junto con árboles maderables están actualmente en marcha en zonas áridas en Australia (Oil Mallee, 2013); mediante la formación de parcelas de cosecha anual enmarcadas por franjas de varias filas de árboles a ser sometidos a tala cada 3-5 años. Similarmente, se ha propuesto el método de haciendas cañaverales enmarcadas por palmas cocoteras (Laine, 1998).

Alarmanamente, si continua el ritmo de consumo de combustibles fósiles (~7Gton C/año), el contenido actual de C de la atmósfera (750Gton) podría duplicarse en un siglo, implicando fatídicos pronósticos de calentamiento global. La intensificación de la fotosíntesis causada por el reverdecimiento contribuiría a contrarrestar el aumento de C atmosférico por el uso de combustibles fósiles.

El reverdecimiento de desiertos, también referido como aforestación, puede ser una realidad si se logra: 1) aumentar el contenido de C orgánico en el suelo, por ejemplo aplicando

coque de petróleo, como ha sido puesto en perspectiva recientemente (Laine, 2012); y 2) asegurar el riego adecuado; que en zonas áridas podría lograrse desalinizando agua de mar con energía solar (1ha de reflectores de tecnología CSP (*concentrated solar power*) pueden desalinar  $60 \times 10^6 \text{m}^3$  de agua anualmente (Trieb, 2007), suficiente para regar 100ha de cultivos. Además, el cambio del albedo terrestre producto del reverdecimiento supone un cambio del ciclo del agua favoreciendo la frecuencia de lluvias (Laine, 2013), de acuerdo con investigaciones realizadas en Australia (Paltridge, 1991), África (Fuller and Ottke, 2002), y Suramérica (Doughty *et al.*, 2012).

En un futuro no muy lejano, el agotamiento del petróleo podrá ser compensado por los países más desarrollados gracias a la incorporación de vehículos que usen baterías recargables o de hidrógeno (*fuel cells*), y a la producción de electricidad en redes inteligentes (*smart grids*) conectadas con diversos generadores: termoelectricas (principalmente usando carbón mineral ó hidrogeno derivado del mismo), hidroeléctricas, energía solar y eólica. En el caso de las grandes plantas termoelectricas, la nueva generación tipo *Future-Gen* permitiría la producción de energía limpia a partir de carbón mineral, gracias a la inyección subterránea del CO<sub>2</sub> producido. De hecho, las actuales reservas de carbón mineral en el mundo permiten a los expertos predecir que, a diferencia del petróleo, el carbón mineral continuará siendo una fuente importante de energía por varios siglos (Miller, 2003). Sin embargo, en los países menos desarrollados la adopción de nuevas tecnologías puede ser lenta en relación a su crecimiento poblacional, lo que implicará la continuación de crecientes demandas por combustibles convencionales (gasolina y gasoil), que debido al agotamiento del petróleo, implicaría también un aumento del uso de la tierra para cultivar mate-

ria prima para los emergentes bioetanol y biodiesel.

La mayoría de los países menos desarrollados están situados entre los trópicos de Cáncer y Capricornio, donde teóricamente la productividad agrícola puede ser el doble que en las latitudes templadas; consecuentemente, la bioenergía será para estos países la forma de energía más rentable (y de menor requerimiento de *know how*) entre las renovables. Cabe destacar que a diferencia de los combustibles fósiles, el uso de los biocombustibles implica reciclaje de CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y la biosfera, por lo que no debería influir en el aumento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero.

Ciertamente, el uso de la tierra para producción de biocombustibles no debería afectar la producción de alimentos, algo alcanzable solo si se emplean métodos modernos de agricultura (Laine, 2008). Sin embargo, la producción a gran escala de bioenergía asociada a una 'economía verde' deberá organizarse en armonía con el ambiente, para lo cual es necesario que el desarrollo agroforestal integre bosque y cultivo, manteniendo suficientes áreas protegidas para reservas de biodiversidad. En el caso del reverdecimiento de desiertos, las migraciones humanas a las zonas de desierto crearían nuevas comunidades que requerirán abastecimiento de agua dulce y electricidad, lo cual en un principio promovería el uso de energía solar y eólica.

El escenario de la economía verde postulado en Estocolmo hace 40 años en la primera cumbre de naciones sobre desarrollo sustentable, que ha continuado debatiéndose en Río en los últimos 20 años, deberá ser el vehículo apropiado para la transición de la actual y decadente era de la energía fósil hacia la deseada era de las energías limpias y renovables, cuando paradójicamente podría estar en funcionamiento otro tipo de energía nuclear, pero benigna por no producir desecho radioactivo, como lo sería la fusión de áto-

mos de hidrógeno para producir helio, actualmente en fase experimental a nivel global.

## REFERENCIAS

- Arora A, Martin EM, Pelkki MH, Carrier DJ (2013) Effect of formic acid and furfural on the enzymatic hydrolysis of cellulose powder and dilute acid-pretreated poplar hydrolysates. *ACS Sust. Chem. Eng.* 1: 23-28.
- Doughty CE, Loarie SC, Field CB (2012) Theoretical impact of changing albedo on precipitation at the southernmost boundary of the ITCZ in South America. *Earth Interact.* 16 (paper N° 8) pp. 1-14.
- Enecon (2013) *Integrated Tree Processing*. [www.enecon.com.au/tree.html](http://www.enecon.com.au/tree.html)
- Fuller DO, Ottke C (2002) Land cover, rainfall and land-surface albedo in west Africa. *Climatic Change* 54: 181-204.
- Laine J (1998) La caña de azúcar y la palma de coco: fuentes de investigación y desarrollo para el mejoramiento ambiental. *Interciencia* 23: 113-116.
- Laine J (2008) Los bio-combustibles y la alimentación humana. *Interciencia* 33: 71-73.
- Laine J (2009) Sowing fossil hydrocarbons to promote bioenergy. *Energeia* 20: 1-3.
- Laine J (2012) Perspective of the preparation of agrichars using fossil hydrocarbon coke. *Renew. Sust. Energy Rev.* 16: 5596-5602.
- Laine J (2013) Environmental impact assessment of the application of pyrogenic carbon in soil. *J. Environ. Protect.* 4: 1197-1201.
- Liu J, Lin L, Pang C, Zhuang J, Luo X, Shi Y, Ouyang P, Li J, Liu S (2009) Poplar woodchip as a biorefinery feedstock. *J. Biobased Mat. Bioenergy* 3: 37-45.
- Miller S (2013) Kentucky coal: America's strategic energy resource. *Energeia* 14(4): 4-6.
- Oil Mallee (2013) *A Natural Solution for a Sustainable Future*. [www.oilmallee.org.au](http://www.oilmallee.org.au)
- Paltridge GW (1991) Rainfall-albedo feedback to climate. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 117: 647-650.
- Randle B (2010) *Near-term Opportunities for Biorefineries* [http://bioenergy.illinois.edu/news/biorefinery/pp\\_randle.pdf](http://bioenergy.illinois.edu/news/biorefinery/pp_randle.pdf)
- Trieb F (2007) Concentrated Solar Power for Seawater Desalination. [www.dlr.de/itt/Portaldat/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Trieb\\_CSP\\_for\\_Desalination-ME-NAREC4.pdf](http://www.dlr.de/itt/Portaldat/41/Resources/dokumente/institut/system/publications/Trieb_CSP_for_Desalination-ME-NAREC4.pdf)