

El balance energético neto y su utilidad



Por **Roberto Cunningham**
Director General del IAPG

El balance energético

El objetivo de este artículo es efectuar un análisis crítico del concepto de balance energético neto (BEN) y analizar su utilidad y ámbito de aplicación.

Para comenzar, podemos decir que en economía de la producción es bien conocido el concepto de valor agregado. Éste se refiere al valor económico que se agrega a la materia prima para transformarla en el producto y que se verifica a través de mano de obra, servicios, inversión, esto es, a través de los conocidos factores de la producción, expresados en términos económicos.

En esta transformación de materia prima en producto también se cuenta con el empleo de energía que, a través de su evolución, se vincula con el producto y el medio (por adición o sustracción).

Tratándose de la industria de procesos, y más precisamente en la industria química, este análisis puede efectuarse para una sola etapa de transformación o para toda la cadena de producción que va desde la materia prima original hasta el producto en cuestión.

Dicho de otro modo, implica recorrer toda la ruta de la energía determinando la trazabilidad energética del proceso, desde la cuna a la tumba (para emplear una expresión acuñada por la ecología). Vale recordar que el hombre sólo dispone de tres materias primas de origen: los recursos fósiles, los biomásicos y los minerales.

Tabla 1. Energía de producción del biocombustible por unidad de su contenido energético

| | MAÍZ | | SOJA | | |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Etanol | Destilados | Biodiesel | Alimento | Glicerina |
| Producción de las semillas | 0,002 | 0,000 | 0,004 | 0,019 | 0,000 |
| Energía fósil en granja | 0,091 | 0,019 | 0,031 | 0,154 | 0,003 |
| Producción de fertilizantes y agroquímicos | 0,102 | 0,021 | 0,014 | 0,071 | 0,001 |
| Producción de maquinarias | 0,008 | 0,002 | 0,007 | 0,035 | 0,001 |
| Energía residencial | 0,046 | 0,009 | 0,034 | 0,169 | 0,004 |
| Energía de servicios en procesos | 0,498 | 0,101 | 0,141 | 0,089 | 0,015 |
| Energía de servicios en construcción | 0,002 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,000 |
| Energía de servicios en mano de obra | 0,006 | 0,001 | 0,026 | 0,003 | 0,003 |
| Transporte de granos y biocombustible | 0,042 | 0,008 | 0,015 | 0,018 | 0,002 |
| TOTAL | 0,797 | 0,162 | 0,273 | 0,560 | 0,029 |

Aplicación a biocombustibles

Cuando estos conceptos se aplican a los biocombustibles como producto, la materia prima de origen es entonces vegetal.

Por lo tanto, su siembra, cultivo, cosecha, recolección y transporte hasta el sitio de su procesamiento incluyen etapas con consumo de energía y, por ende, costo.

Es por esta última razón que la energía solar, responsable de la energía química almacenada en el vegetal, no se computa en el cálculo.

La importancia de los biocombustibles se ha incrementado como consecuencia de los elevados precios del crudo, la dependencia de su importación en algunos países, los efectos sobre el ambiente por parte de los combustibles fósiles, etc.

Seguidamente, nos referiremos en primer término a un artículo en el que se plantea el interrogante de si un biocombustible representa una ventaja cuando su uso se compara con el combustible fósil que pretende reemplazar.

Dicho análisis se soporta en el concepto de BEN. Una vez repasado dicho artículo, nosotros efectuaremos nuestro análisis crítico.

En aquel estudio se determina el beneficio social neto provocado por el etanol de maíz frente a la gasolina, y el *biodiesel* de soja frente al *diesel oil*, referido a Estados Unidos.

Para ello, el trabajo apela a información disponible sobre rendimientos agrícolas, precios de insumos, energías involucradas en las tareas del agro y en los agroquímicos, eficiencia de producción, producción de coproductos, emisiones de efecto invernadero y otros impactos ambientales.

Los autores afirman que, para constituirse en una alternativa viable como sustituto de un combustible fósil, el combustible alternativo no sólo debe ser económicamente competitivo y poder producirse en cantidad suficiente como para representar una verdadera alternativa, sino que, al mismo tiempo, debe representar un ahorro neto de energía con relación a las fuentes de energía empleadas para producirlo. Este último punto será motivo de discusión.

Así pues, los autores visualizan cada industria de biocombustibles como si fuera una isla que sólo será una exportadora neta de energía en la medida en que el valor

energético del biocombustible y sus coproductos excedan los aportes computados de energía, directos e indirectos.

Para ello, se calculan los consumos de energía empleados en la producción del maíz y la soja, incluyendo la energía empleada para el cultivo de la semilla, maquinaria, fertilizantes, plaguicidas y mantenimiento de la granja y sus edificios. También se computa la energía empleada en producir el biocombustible incluyendo el transporte del vegetal, la mano de obra y los edificios.

El contenido energético asignado al biocombustible es el generado en su combustión. También se asignan valores a los coproductos.





Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 1 de la página 103.

Los autores también proveen el método mediante el cual llegaron a estos resultados.

El valor inverso de estas cifras en sus totales es lo que se conoce como balance energético neto (BEN), cuyos valores se dan en la tabla 2.

Tabla 2. Balance energético neto del biocombustible

| | Etanol | Biodiesel |
|-----------------|--------|-----------|
| Con coproductos | 1,25 | 3,67 |
| Sin coproductos | 1,25 | 1,93 |

El hecho de que sea $BEN > 1$ es evidencia de que la energía solar almacenada en el vegetal vía la fotosíntesis prepondera sobre las restantes puestas en juego en el proceso.

Discusión

Estos resultados merecen dos tipos de análisis.

En primer lugar, debemos destacar el valor claramente regional de éstos. En efecto, en tal sentido tenemos dos componentes de regionalismo. Por un lado, el factor climático determina eficiencias agrícolas muy distintas según la región. Y por el otro, los componentes de eficiencia industrial dependen del grado de desarrollo del país considerado. Cabría acotar que, en general, ambas eficiencias se contraponen. Una excepción puede ser Brasil.

En segundo lugar, cabe una observación de carácter crítico: ¿es indispensable que sea $BEN > 1$? Y, más aún, ¿es útil el concepto de BEN para discernir la competitividad de un biocombustible?

En tal sentido, entendemos que la viabilidad de uso de un biocombustible en el mercado está determinada por tres pautas: a) su competitividad por precio, b) su capacidad de sustitución del combustible fósil en cuanto alternativa por volumen, y c) su efecto ambiental. Cabe, sin embargo, agregar un cuarto factor dado por aquel país no productor de crudo y que, por razones climáticas, dispone de una abundante biomasa para producir biocombustibles. En tal caso no hay que olvidar que la biomasa, a diferencia del crudo, habitualmente es un recurso autóctono no transable, con todo lo que ello significa. América Central es un ejemplo de esto último. Y Brasil lo era parcialmente en la década del 70 cuando desarrolló el programa PROALCOOL. Por lo cual se agrega una

cuestión no menor que es la posibilidad de paliar una fuga de divisas.

La condición $BEN > 1$ no es necesaria si se emplean las tres primeras pautas, y mucho menos aún si se presenta la cuarta situación.

Para muestra tomemos un caso trivial por lo simple: el uso de *pellets* de biomasa como combustible para calderas.

La producción del *pellet* consiste en una operación de recolección y transporte de hoja y ramas por "pelletizar", seguida de la compactación de éstas en una "pelletizadora".

Estas dos operaciones consumen energía mientras el contenido energético por unidad de masa en la materia prima es igual a la del producto.

Sin embargo, nadie dudaría entre alimentar una caldera con hoja y ramas o con *pellets*.

De modo similar, ¿alguien imagina un automóvil alimentado con granos de maíz en lugar de alcohol o un tractor con granos de soja en vez de *biodiesel*?

Asimismo, en relación con BEN, no hay que olvidar su evolución a lo largo de la historia. El ejemplo que daremos a continuación es bien ilustrativo al respecto.

Al efecto, consideremos el proceso de fabricación de una hogaza de pan.

En la antigüedad éste era un proceso totalmente manual: arado de la tierra con un equipo tirado por bueyes, siembra del grano al voleo, cuidado manual del cultivo, cosecha, recolección, transporte y molienda del grano, todas operaciones manuales, lo mismo que el amasado de la harina. Finalmente, el horno calefaccionado a leña en una producción típicamente hogareña. Salvo la leña, todo el aporte energético era por tracción a sangre. Además, la leña se recolectaba manualmente.

Veamos ahora cuál es esta secuencia hoy en día, en una urbe de un país industrializado:

- Se ara la tierra con un tractor.
- Se siembra el grano con una máquina.
- Se aplican fertilizantes y plaguicidas con ayuda mecánica.
- Se cosecha el grano con una cosechadora y se lo embolsa mecánicamente.
- Las bolsas se cargan en un camión mediante cintas transportadoras.
- Se las transporta en camiones a un molino mecánico donde el grano se transforma en harina.
- La harina se embolsa mecánicamente y transporta a una panificadora.
- En ésta, la harina es refinada y blanqueada.
- La harina se enriquece con niacina, hierro, tianina y riboflavina.
- Se adiciona propionato de calcio como preservante y acondicionador.
- Mezclada con agua, la harina se amasa mecánicamente.
- Se hornea la masa en un horno eléctrico o a gas.
- Se envasa mecánicamente el pan, en un envoltorio con texto impreso.
- Las cajas que contienen las unidades envasadas se transportan en camiones a un supermercado con aire acondicionado, iluminación, etc.
- El cliente va en su automóvil a comprar el pan.
- De regreso a su casa eventualmente lo introduce en una tostadora eléctrica.

Obviamente, detrás de esta secuencia se cuenta con un determinado consumo de combustible para mover los motores involucrados, además del consumo de energía en las industrias metalmecánica y química involucradas en la fabricación de las maquinarias y los productos químicos empleados en esta cadena de producción, transporte, distribución y despacho. Todo ello hace que se consuma mucha más energía que la que contiene el producto final, en este caso la hogaza de pan.

Esto vale en forma general para cualquier producto industrializado del agro. Para el caso de alimentos enlatados, se observa que el BEN se ha reducido unas cien veces al comparar lo tradicional con lo moderno.

Ése es el precio que se paga por aumentar la producción y la productividad.

La civilización ha traído consigo un incremento descomunal en la eficiencia de producción de bienes y servicios. Paradójicamente, en el mundo de la termodinámica, el efecto ha sido el inverso.

Resumamos un poco.

El enorme aumento de producción y de productividad del agro moderno se ha producido sobre la base de un consumo cada vez mayor de petróleo como fuente primaria de energía. Ello ha llevado a que, desde el punto de vista termodinámico, la agricultura moderna sea, en lo energético, la menos eficiente de la historia. Dicho de otro

modo, consume mucho más energía por unidad de energía producida que en cualquier otra época.

Por otra parte, no deja de ser interesante consignar que, si se calculara el BEN de los combustibles fósiles provenientes de yacimientos de distintas regiones, se obtendría todo un espectro de valores. Ello es así en virtud de la gran variación de producción por pozo según sea el yacimiento en cuestión.

Por lo tanto, la utilidad del BEN reside en su aplicación (biocombustible, fósil o lo que fuere), al comparar los distintos valores de BEN para distintas regiones y procesos, para un mismo producto.

Comparar los BEN de los productos alternativos es superfluo frente a los otros cuatro factores citados anteriormente.

Démosle, pues, al BEN el lugar que se merece. ■

Referencias

J. Hill, E. Nelson, D. Tilman, S. Polasky, D. Tiffany, *Proceedings of the Academy of Sciences of USA (PNAS)*, July 25, 2006, Vol 103, N° 30, p. 11207.

Información de soporte publicada en la página web del PNAS, www.pnas.org/cgi/content/full/0604600103/DC1.



VEOLIA WATER SYSTEMS ARGENTINA S.A.
vwsa@veoliawater.com
www.veoliawatersystems.com.ar

Herrera 2121 • C1295ACO • Buenos Aires
Tel. 54 11 4302-7181 • Fax. 54 11 4302-7180

**CREANDO SOLUCIONES
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA**

**VEOLIA
WATER**
Solutions & Technologies