

POTENCIALIDAD DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN ARGENTINA COMO FUENTE DE BIOETANOL

Gerónimo J.Cárdenas
Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres
Tucmán – mail:dati@eeaoc.org.ar

Se considerarán como Combustibles Alternativos a aquellos que puedan complementar o reemplazar a los que emplea hoy el parque automotor argentino, (motonaftas, gasoil y gas natural comprimido). Entre estos deben destacarse a los denominados Biocombustibles por ser producidos a partir de productos que se encuentran presentes en seres vivos, fundamentalmente vegetales, los que además por su origen se reconocen como renovables pues provienen de materias primas vegetales que pueden producirse periódicamente en un mismo terreno. Esto significa que mientras se efectúe un manejo adecuado de la plantación de la especie vegetal a usarse como materia prima, tendremos cosechas periódicas permanentes. En realidad lo que les otorga el carácter de renovable es la conjunción de dos factores: por un lado la luz solar que se transforma en biomasa y por otro lado el suelo donde normalmente se fija la misma. Ambos son de carácter permanente. El bioetanol es uno de estos combustibles y la caña de azúcar es una especie a partir de la cual se lo produce eficientemente en el mundo.

Para llevar a cabo un proyecto de producción de biocombustibles es necesario contar con tierras apropiadas para el cultivo de la materia prima vegetal y además, con instalaciones industriales adecuadas para la transformación de la materia prima en el biocombustible propuesto. También hay que tener instalaciones para su almacenaje, y contar con la logística adecuada para que ese combustible sea distribuido a las bocas de expendio desde las que se proveerá a los vehículos que lo empleen tratando de usar, para este propósito, la menor cantidad de energía posible.

Como condición de carácter general debe tenerse presente que, dentro de las posibilidades agroecológicas del lugar donde se quiera radicar el proyecto, debe analizarse implantar aquella especie vegetal que permita obtener la mejor producción de biocombustible por unidad de superficie, expresada esta como tn/ha o como kilocalorías disponibles por hectárea también.

Todo proyecto de elaboración de biocombustibles debe tender a satisfacer por lo menos cuatro condiciones que en todos los casos deben ser analizadas mediante metodologías apropiadas

- Balance Energético
- Balance Ambiental
- Balance Económico
- Balance Social

Estos cuatro balances deberán mostrar que globalmente mejore la situación preexistente al proyecto, lo que se explicará con mas detalles a continuación.

Como para cada tipo de especie vegetal que se quiera transformar en biocombustible se tendrán situaciones diferentes, es necesario estudiar los resultados de los balances enunciados en cada caso.

En esta oportunidad analizaremos el caso de caña de azúcar, materia prima para la producción de Bioetanol, considerando sus posibilidades desde el punto de vista de los balances enunciados, lo que permitirá conocer su potencial como materia prima para la producción de bioetanol .

Esta especie vegetal ha sido cultivada con éxito en todo el Norte Argentino, en diferentes épocas. Se conoce que en algún momento, además de las actuales provincias productoras, se cultivó caña de azúcar en Chaco, Corrientes y en algunas zonas de Santiago del Estero, habiéndose abandonado su producción en esta última por razones climáticas.

Esta especie vegetal tiene características que la hace sumamente apropiada como cultivo Bioenergético, debido a su gran capacidad de aprovechamiento de la radiación solar, pues se trata de una de las especies vegetales más eficientes en este aspecto, teniendo además diversos constituyentes útiles para la producción tanto de Bioetanol como de otras formas de Bioenergía.

En la Tabla 1, se tienen valores de rendimiento cultural en diversas zonas azucareras del mundo y en el Tabla 2, valores correspondientes a Tucumán.

Tabla 1: Rendimientos culturales de diversas zonas azucareras del mundo.

	Rendimientos culturales		
	Máximo		
País	Media	Comercial	Experimental
Australia	81	100	250
Colombia	130	202	210
Irán	100	167	221
Lousiana	53	129	242
Sud África	94	141	166

Tabla 2: Rendimientos culturales en Tucumán, Argentina.

Fuentes de información	Rendimiento Cultural (t/ha)	Producción de alcohol (l/ha)
Modelos de estimación (promedio)	125,6	10670
Rendimientos Experimentales Máximos	125,1	10633
Ajuste de Modelos (por caract. suelo)	88,9	7556
Encuesta a productores (1990)	89,3	7590

Puede apreciarse que el potencial productivo de este vegetal puede alcanzar, bajo condiciones adecuadas del suelo de implantación, de uso de las variedades correctas, de manejo agronómico, de disponibilidad de humedad y de luz solar, hasta 250 t/ha/año, y que ese valor para las condiciones de Tucumán, puede llegar, con el paquete tecnológico actual, hasta 125 t/ha/año. Resulta evidente pues que se trata de una especie con muy interesantes cualidades para la generación de biomasa útil para la producción de bioenergía.

Si se analiza los constituyentes de esta especie vegetal (Tabla 3), se encuentra que el tallo contiene principalmente jugo (con contenidos de azúcares que pueden transformarse en etanol por fermentación directa), sales minerales y almidón, entre sus principales constituyentes. Contiene además fibra que, al extraerse el jugo puede servir como combustible para generar vapor en calderas apropiadas y que se conoce como bagazo. Las hojas y el despunte de la planta pueden ser a su vez, luego de un

estacionamiento en el campo para su secado después de la cosecha, también empleados para generar vapor si se queman en calderas bagaceras.

Se tiene entonces una especie vegetal cuya plantación puede durar entre 5 y 7 años y de la que se puede aprovechar para generar bioenergía, prácticamente todo lo que la planta produce.

Resulta conveniente analizar la composición de la caña pensando en su empleo con fines bioenergéticos.

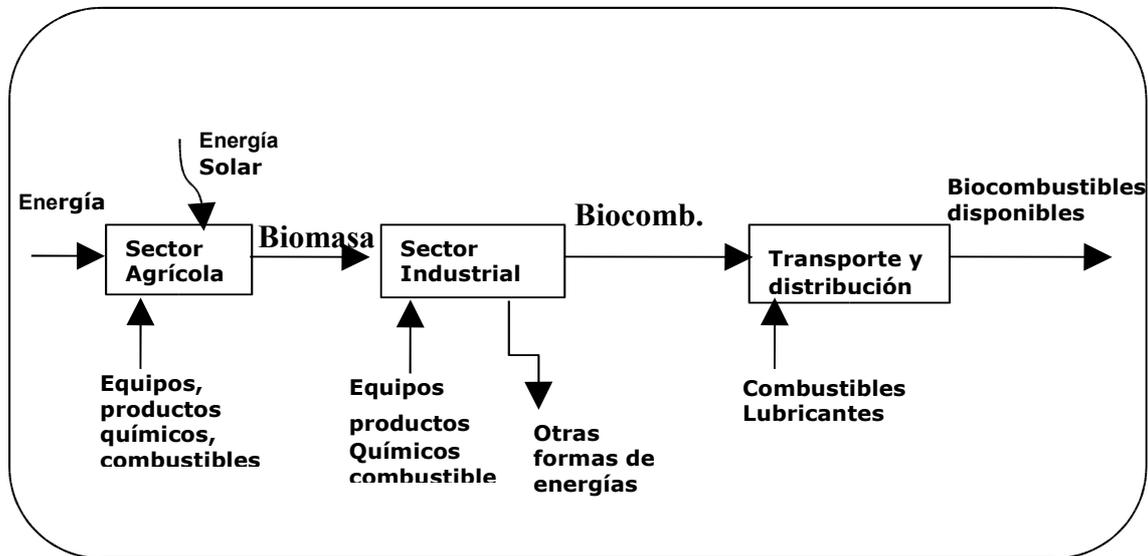
En el Tabla 3 se informa los contenidos promedio de estos constituyentes.

Tabla 3: Principales constituyentes de la caña de azúcar.

	Tallo Molible	Hojas	Despunte
CAÑA	68-70 %	13-14 %	17-18 %
CONSTITUYENTES			
Agua	68 – 70 %	40 – 70 %	68 – 75 %
Sacarosa	15 – 16 %	0 %	2 – 6 %
Fibra	13 – 11.5 %	20 – 50 %	13 – 20 %
No-azúcar	2.5 – 3 %	6 – 10 %	2 – 6 %

Los balances enunciados pueden efectuarse sobre un esquema como el propuesto en la Fig. 1

Figura 1: Esquema del Balance Energético de la producción de Biocombustibles.



BALANCE ENERGÉTICO

Con referencia al Balance energético, la energía que ingresa debe ser por lo menos, igual a la que sale, siendo lo óptimo obtener los mayores incrementos posibles dentro del sistema. En el caso que nos ocupa, debe considerarse que ingresará además la energía del sol, normalmente no considerada en las metodologías convencionales de análisis. Esta energía se transformará en biomasa, punto de partida para la obtención del biocombustible. Es decir que se espera contar, a la salida del sistema, con una cantidad

mayor de energía medible por métodos convencionales, superior a la que se introdujo en el mismo.

La expresión matemática o numérica de este principio es lo que se denomina Balance de energía, el que en conjunto con un balance de masas o materia, permitirá abordar el diseño y operación de cualquier proceso.

En la Figura 1 se ha esquematizado, discriminado en tres bloques, lo que ocurre en un proceso completo de producción de un biocombustible, en este caso bioetanol a partir de caña de azúcar, indicando los ingresos y egresos de los flujos energéticos expresados con el nombre del tipo de portadores que en cada caso corresponda.

El primer bloque es el de la etapa agrícola de producción de la materia prima del proceso (biomasa), debiendo contabilizarse como insumos energéticos tanto al combustible empleado en las tareas de siembra, cultivo, recolección y transporte de la biomasa producida hasta la planta de procesamiento, como la energía que demandó la construcción de los equipos industriales empleados en esta etapa y en la fabricación de los fertilizantes y otros productos químicos usados en la producción agrícola.

Aquí se contabiliza, como ingreso de energía al sistema, la que entrega el sol y que constituye la única entrada genuina e inagotable que será transformada a lo largo de todo el proceso para llegar finalmente a estar disponible como biocombustible.

En el segundo bloque, correspondiente a la etapa industrial o de transformación de la biomasa en biocombustible, deben tenerse presentes a todas las incorporaciones de energía que requiera el proceso, entre las que se cuentan el combustible para calderas si fuese necesario operar con vapor, la energía eléctrica que consuman motores si la planta no cogenerase a partir de vapor, la energía necesaria para la elaboración de los productos químicos que el proceso pudiera demandar, y la energía empleada en la fabricación y mantenimiento de los equipos industriales. En este caso, es necesario considerar todas las formas posibles de energía que ingresen a la fábrica donde se lleva a cabo la transformación de la biomasa, sin descartar la energía que demande el abastecimiento de insumos diferentes a la biomasa, materia prima principal del proceso.

Se ha esquematizado una tercera etapa del proceso global, la que toma en consideración la energía de transporte del biocombustible hasta los centros de distribución a los usuarios finales.

El estudio de estas tres etapas del proceso permite considerar una premisa básica en la producción y uso de biocombustibles: Tanto los campos de producción, como la planta de procesamiento y los centros de consumo, deben estar lo más cerca posible, para evitar gastos innecesarios en combustible para los traslados, tanto de materia prima vegetal, como de otros insumos importantes si los hubiera y del biocombustible ya elaborado.

En el caso de la caña de azúcar este balance es sumamente positivo como resultado de la gran capacidad de esta especie vegetal de acumular la energía que recibe de luz solar. Este valor se indica en la Tabla 4, en la que se informa la energía que puede producir una tonelada de tallos de caña y los 180 kg de Residuos Agrícola de Cosecha (RAC), que bien manejados constituyen un buen combustible para las calderas de una destilería de bioetanol de caña.

Tabla 4: Energía producible y consumida en la producción de bioetanol.

ENERGIA PRODUCIBLE

	Alcohol	Bagazo	RAC
Rendimiento	85 litros	300 kilos	180 Kilos
		142.9 Kw/Tc	
Kcal/tn caña	429250	122880	
TOTAL	552130 Kcal/tn caña		

ENERGÍA CONSUMIDA

	Sector Agrícola	Fábrica	Total
Caña	55733 Kcal/ tn	11841 Kcal/ tn	69356 Kcal/tn caña

$$\text{BALANCE} = 552130 \text{ Kcal/tn caña} / 69356 \text{ Kcal/tn caña} = 7.96$$

Se tiene que se puede producir no solo 85 litros de bioetanol anhidro, sino también 142,9 Kw a partir de cogeneración usando como combustibles el bagazo y los RAC. Todo eso equivale a 552.130 Kcal/tn de tallos de caña.

La energía que demanda esa producción, con valores en destilería, es decir que no se ha considerado la energía a emplear en el transporte hasta las bocas de expendio es de 55.733 Kcal/tn en el sector agrícola y 11. 841k Kcal/tn en la etapa industrial. Cabe acotar que no se tuvo en cuenta la energía usada para el proceso provista por el bagazo, ni en lo consignado como energía producida ni en la energía consumida, respetando los círculos de balance de la Fig 1.

Todo esto indica que se obtienen 7,96 unidades de energía por cada unidad consumida en el proceso para las condiciones enunciadas.

Este valor es muy importante y se considera de los mejores entre los que puede lograrse en procesos empleando otras especies vegetales para producir biocombustibles.

El balance energético de la producción de Bioetanol a partir de caña de azúcar puede ser todavía optimizado, fundamentalmente si se masifica este tipo de producción y las Instituciones de investigación y los fabricantes de equipos dedican su esfuerzo en este sentido teniendo presente la necesidad de ser cada vez mas eficientes en los cuatro balances enunciados.

BALANCE AMBIENTAL

Lo que se debe procurar en este balance es que el impacto ambiental de la producción del biocombustible deseado disminuya o sea nulo y que además, al reemplazar combustibles de origen fósil, el impacto ambiental de la producción del sustituto sea inferior al que producía el combustible no renovable original.

A efectos de definir lo que se considera **impacto ambiental**, diremos que es un proceso de análisis, más o menos largo y complejo, lo mas objetivo posible, sobre los efectos que tendrá sobre el medio ambiente una acción humana prevista (a la que se denomina proyecto) y sobre la posibilidad de evitarlos o reducirlos a niveles aceptables o bien compensarlos.

En general la obtención de combustibles fósiles tiene un importante y complejo impacto sobre el medio ambiente. Es por todos conocido que la combustión de estos compuestos genera gases como el CO₂ e hidrocarburos residuales, que pueden ir a la atmósfera en estado gaseoso, a veces sin quemar, impactando muy negativamente al medio ambiente generando una especie de bóveda opaca sobre la superficie terrestre, que opera produciendo lo que se conoce como “efecto invernadero”. Esta bóveda absorbe el calor infrarrojo reflejado en la superficie terrestre, aumentando la temperatura del aire en las proximidades de la misma. El CO₂ en concentraciones crecientes eleva el coeficiente de captación de la atmósfera, y las radiaciones solares, reflejadas en el suelo o el mar al disminuir la longitud de onda, se estrellan contra la bóveda opaca de CO₂.

Si continúa el incremento de este gas o de otros que también contribuyen al efecto invernadero -caso de hidrocarburos como el metano- en la atmósfera, se estima que la temperatura del planeta continuará aumentando con consecuencias climáticas muy negativas.

Lo que corresponde evaluar, entonces, es si la generación de gases que ocasionará el proyecto de producción del bioetanol a partir de caña de azúcar será inferior a la generada por el combustible fósil que reemplazará, teniendo presente además contabilizar el producido por todas las actividades necesarias para su adecuación y/o transformación, desde su extracción, refinado y transporte hasta la llegada a las bocas de expendio.

En el caso del bioetanol, hay que tener en consideración que la producción de la biomasa que se empleará como materia prima se ha formado tomando CO₂, atmosférico generando entonces un ciclo, con lo que el aporte de este gas a la atmósfera resulta nulo. Algunas veces, el sistema resulta tomador neto de CO₂, ya que parte del carbono presente en la biomasa termina transformándose en carbonatos que pueden permanecer en el suelo o bien terminar depositándose en el fondo del mar.

Por otra parte, y de acuerdo al Protocolo de Kioto, firmado por un número importante de países industrializados, mas no por los Estados Unidos de Norteamérica, se ha creado un mecanismo de compensación de emisiones que permite a aquellas naciones que emiten gases que producen el efecto invernadero en cantidades superiores a las acordadas, comprar disminuciones en la emisión de dichos gases a proyectos de sustitución de quemado de combustibles fósiles por biorenovables en países que, como la Argentina, no se encuentran obligados hasta ahora a disminuir las emisiones de esos gases.

Resulta necesario considerar también, los efluentes de todo tipo que puede ocasionar la producción de biocombustibles, desde la etapa agrícola hasta su arribo a los centros de distribución. Debe tenerse en cuenta además la contaminación que puede ocasionar la fabricación de los insumos que su producción demanda. En ocasiones dicha producción puede comprender derivados de origen no renovable como es el caso de los fertilizantes elaborados a partir de petróleo o gas natural, los que se deberán procurar reemplazar por algunos de origen renovable o por otros que no ocasionen impactos ambientales negativos apreciables, lo que ya se está haciendo en el caso del cultivo de caña con Biofertilizantes, observándose a la fecha resultados muy alentadores .

Todo estos factores deben tenerse presentes para definir si un proyecto de biocombustibles generará menos impacto ambiental que el producido al elaborarse los combustibles que pueden reemplazarlos o para considerar si resulta necesario estudiar y definir operaciones y/o procedimientos que hagan disminuir ese impacto en el tiempo de vida del proyecto.

En el caso de producción de bioetanol a partir de caña de azúcar se tienen tres corrientes de efluentes producidas por el proceso, indicadas en la Fig 2. Una es la cachaza, residuo sólido que puede emplearse como abono en los cañaverales, otro está constituido por las aguas de limpieza de fábrica y otras corrientes líquidas que deba desecharse, las que pueden emplearse para riego, con o sin un tratamiento previo en lagunas, y el tercero

agresivas para el medio ambiente, y que simultáneamente generen oportunidades para áreas rurales, especialmente las correspondientes a economías regionales.

Como se puede apreciar, la caña de azúcar cumple con las premisas fundamentales para ser considerada como una muy buena materia prima para la producción de bioetanol, tanto por sus niveles posibles de producción como por sus balances energético y ambiental, sobre los que se hicieron consideraciones en este trabajo. Sobre el balance económico, mucho depende de los precios relativos de los insumos y del valor que se asigne al producto final. Aquí pueden jugar un rol muy importante los subsidios o los precios administrados que las autoridades determinen. Esto se vincula de alguna manera con el balance de impacto social, el que consideramos positivo ya que la generación de cantidades importantes de caña de azúcar significa puestos de trabajo en áreas rurales y porque este tipo de producciones tienen un efecto multiplicador en la economía que inciden en la generación de puestos de trabajo indirectos.

No debe dejarse de tener en cuenta que la caña de azúcar, al disponer de materiales celulósicos en su composición, puede además tener gran futuro en la producción de combustibles de segunda generación a partir de la misma.