



REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE PETRÓLEO Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS INGENIOS

Boletín Técnico Informativo del sector de la caña de azúcar

Contenido

INTRODUCCIÓN	2
PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PETRÓLEO	3
CONSUMO DE PETRÓLEO EN INGENIOS AZUCAREROS	4
REDUCCIÓN EN CONSUMO DE PETRÓLEO	6
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	10
COGENERACIÓN EN INGENIOS AZUCAREROS	11
CONCLUSIONES	14
BIBLIOGRAFÍA	15

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



Enero 2016

Introducción

La bioelectricidad se produce desde hace décadas en esta agroindustria, utilizando el bagazo como combustible en sistemas de cogeneración que atienden también, con elevada eficiencia, las necesidades de potencia mecánica y de calor de proceso. Durante décadas, la producción de energía eléctrica se limitaba a atender las necesidades propias de la agroindustria, pero con el tiempo, ha sido posible incrementar el desempeño de los sistemas de cogeneración que han producido excedentes para la red pública, contribuyendo a la oferta de electricidad en muchos países, logrando una creciente importancia económica.

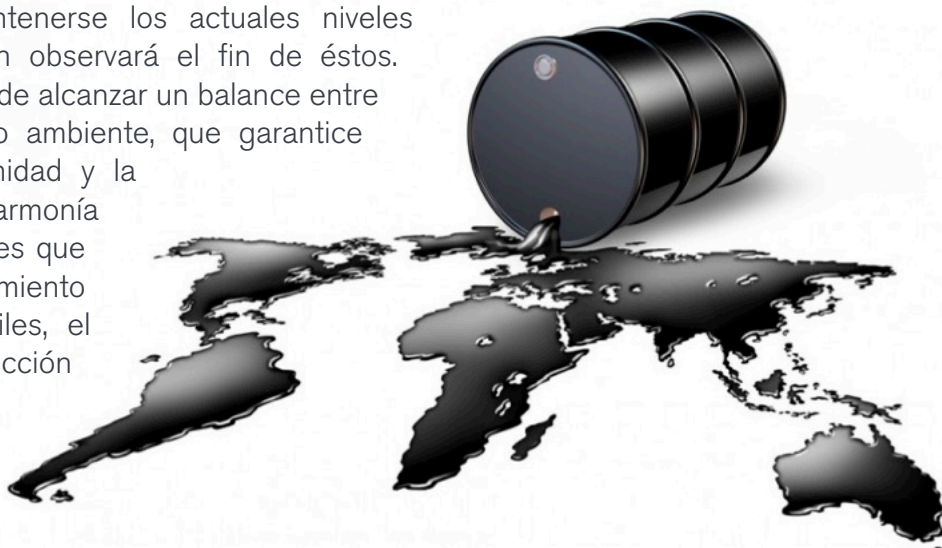
México cuenta con 52 ingenios azucareros, (que operaron en la zafra 2014/2015), y en algunos de ellos, el consumo específico de combustóleo se ha ido reduciendo hasta lograr una mejor eficiencia energética para la elaboración de azúcar. Gracias a estas medidas, 21 ingenios reportan cero en su consumo de petróleo, y otros seis emplearán en el corto plazo exclusivamente bagazo de caña para su producción eléctrica, dentro y fuera de zafra.

El potencial de biomasa en el sector azucarero es considerable si se toma en cuenta que por cada 100 toneladas de caña procesada se obtienen: de 10 a 12 toneladas de azúcar; de 25 a 30 de bagazo; quedan en campo de 10 a 20 toneladas de residuos agrícolas y de 5 a 7 toneladas de paja (Morales R. 2013).



Producción y consumo de petróleo

Se estima que los combustibles fósiles durarán unas cuatro o cinco décadas más, por lo que de mantenerse los actuales niveles de explotación, la nueva generación observará el fin de éstos. Actualmente se impone la necesidad de alcanzar un balance entre desarrollo y conservación del medio ambiente, que garantice un nuevo equilibrio entre la humanidad y la naturaleza y que permita una nueva armonía con esta. Entre los problemas actuales que enfrenta la humanidad están: el agotamiento no lejano de los combustibles fósiles, el cambio climático, la insuficiente producción de alimentos y la crisis energética mundial. (León, 2013).



En el siguiente cuadro se muestra la producción y consumo de petróleo en América, considerando los países ofertantes y demandantes de este insumo.

Producción y consumo de Petróleo en América

País	Producción *barriles diarios	Consumo	Diferencia	Importaciones netas	Exportaciones netas
Estados Unidos	10'003,000	19'100,00	-9'097,000	10'270,000	43,800
Canadá	3'856,000	1'700,000	2'156,000	1'088,000	1'800,000
México	2'936,000	2'074,000	862,000	308,500	1'299,000
Brasil	2'652,000	2'805,000	-153,000	674,500	533,200
Venezuela	2'489,000	474,000	2'015,000	0	111,852
Colombia	969,100	274,000	695,100	0	79,861
Argentina	800,000	612,000	188,000	21,650	20,761
Ecuador	550,000	234,000	316,000	0	124,081
Perú	160,400	212,000	-51,600	30,160	0
Chile	0	238,000	-238,000	74,378	0
Costa Rica	0	44,000	-44,000	5,179	0
Cuba	0	204,000	-204,000	34,544	0
El Salvador	0	43,000	-43,000	6,230	0
Nicaragua	0	25,200	-25,200	5,779	0
Jamaica	0	72,080	-72,080	7,491	0
República Dominicana	0	127,000	-127,000	12,963	0
Uruguay	0	38,100	-38,100	11,152	0

*barriles de 159 litros

Estados Unidos consumió 19.1 millones de barriles (mbd) por día de productos derivados del petróleo durante 2014, convirtiéndose en el mayor consumidor mundial; mientras que fue el tercero en producción de crudo al alcanzar 10.03 mbd.

Destaca la EIA (Energy International Agency), como elemento curioso, que 49% de las importaciones de crudo y productos derivados del petróleo provino en su mayoría del hemisferio occidental (Norte, Sur y Centroamérica y el Caribe, incluyendo territorios de los EEUU); alrededor de 18% arribó de los países del Golfo Pérsico: Bahrein, Irak, Kuwait, Qatar, Arabia Saudita y Emiratos Árabes Unidos; de África se importó 23%, y el restante 10% provino de diversos destinos.

Entre los cinco principales ofertantes de petróleo destacan: Canadá 25%, Arabia Saudita 12%, Nigeria 11%, Venezuela 10% y México 9%.

Consumo de petróleo en ingenios azucareros

Según datos del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) en su Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar, ZAFRAS 2008/09 - 2014/15, para la zafra 2014/2015 se consumieron entre los 52 Ingenios azucareros del país, un total de 18.05 millones de litros de petróleo, que comparado con años anteriores, fue una cantidad menor, lo que muestra la reducción de este insumo en forma paulatina al entrar en escena nuevas formas de obtener la energía para el proceso de industrialización de la caña de azúcar.



A continuación se presenta el resumen nacional de consumo de petróleo a lo largo de cinco zafras:

Consumo de petróleo

Zafras

INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015
Petróleo en pruebas	Litros	7'927,142	5'173,458	4'290,633	5'165,439	1'367,452
Petróleo en fábrica	Litros	103'298,013	78'264,111	79'030,346	38'798,733	15'689,776
Petróleo en liquidación	Litros	2'984,904	2'992,434	2'748,068	1'823,047	852,918
Petróleo en fábrica de alcohol	Litros	3'710,434	1'019,752	668,871	532,911	142,323
Petróleo total	Litros	117'920,493	87'449,755	86'737,918	46'320,130	18'052,469
Petróleo en fabrica por t de caña	Litros	2.3	1.7	1.3	0.7	0.3
Petróleo en fabrica por t de azúcar	Litros	19.9	15.5	11.3	6.4	2.6

Fuente: Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar, ZAFRAS 2008/09 - 2014/15

Consumo nacional de petróleo en ingenios



Petróleo Total

Zafra

Durante la zafra 2010/2011 se registró el mayor consumo de petróleo con 117.9 millones de litros, siendo el ingenio de San Cristóbal en el estado de Veracruz, el que mayor consumo obtuvo con 20.3 millones de litros; mientras que en la zafra 2014-2015 se consumieron 18.1 millones de litros de petróleo, según datos reportados por los ingenios al CONADESUCA; esta cifra ha sido la más baja durante las últimas cinco zafras, lo que refleja que el consumo de petróleo ha disminuido en los últimos años.

El consumo de petróleo para el procesamiento de la caña de azúcar por parte de los ingenios implica varias modalidades. Existe el consumo de petróleo para la molienda; el cual se refiere a los litros utilizados de este compuesto orgánico que se utilizan en las calderas desde la fecha de inicio oficial de la zafra (molienda) hasta la terminación de la misma. También se consume petróleo en liquidación, que son litros consumidos de petróleo en las calderas a partir de la fecha de conclusión oficial de la zafra, hasta la hora en que finalice la liquidación en la fábrica de todos los materiales que quedaron en proceso de terminar la molienda. Además, existe el consumo de petróleo en fábrica de alcohol, que son los litros de petróleo que consume directamente la fábrica de alcohol. A la suma de todas estas variables (pruebas, molienda, liquidación y fábrica de alcohol) se denomina consumo petrolero total. (García, 1999; citado por CONADESUCA en Diccionario de datos INFOCAÑA).



Reducción en consumo de petróleo

Considerando la situación energética mundial, la utilización de los residuos agrícolas con fines energéticos es en nuestros días una necesidad indispensable, pero su uso energético lleva aparejada la utilización de más fertilizantes, la erosión de los suelos por el viento y la pérdida de humedad. Este uso no es sustentable ecológicamente y enfrenta problemas relacionados con sus propias características (baja densidad, granulometría, etc.), además de los de recolección, manipulación y transporte. De esta necesidad y con el deseo de aprovechar al máximo el potencial energético de la caña surgió la idea de utilizar los residuos agrícolas del cultivo, renovables anualmente, como combustible en las calderas para la generación del vapor.

De acuerdo a la **Ley del Aprovechamiento de Energías Renovables** y el Financiamiento de su Transmisión Energética, en México se promovió la instalación de proyectos con base a fuentes renovables de energía que sustituyan, en su caso, el uso de combustibles fósiles, con la finalidad de eficientar la energía del país. Dicha ley incluye a los bioenergéticos como energía aprovechable; los cuales, se regeneran en forma natural; entre ellos, se encuentra la biomasa (bagazo de caña), utilizada en los ingenios azucareros, la cual produce energía eléctrica para el autoconsumo del proceso de fabricación de azúcar.



La mayoría de los ingenios azucareros han adoptado proyectos de cogeneración, los cuales, implementan la conversión de energía que propiciarán el autoconsumo y la interconexión a red eléctrica.

Tales residuos están compuestos por las hojas verdes y secas de la caña, los cogollos, las basuras y la caña que no se puede procesar. Las cantidades de residuos generados cambian enormemente dependiendo de la variedad de caña, el rendimiento y su edad.

El poder calorífico de los residuos mostrados en la siguiente tabla es equivalente al del bagazo, que con un contenido de humedad del 30%, alcanza 11,600 kJ/kg, al 1% será de 15,800 kJ/kg. El contenido de humedad de los cogollos y basuras en la época de la cosecha es de 50%; si se dejan en el campo durante 2 o 3 días se reduce a 30 % y a 15 % después de dos semanas.

Composición de los combustibles sólidos

Combustible	C	H	S	N	O	Ceniza	PC (Kcal/kg)
RAC	42,4	6,3	-	-	44,3	7,0	4,484
Bagazo	47,0	6,5	-	-	44,0	2,5	4,600
Madera	49,5	6,2	-	1,1	43,1	-	3,220
Turba	21,0	8,3	0,6	1,1	62,9	6,0	1,990
Lignito	42,4	6,6	1,1	0,6	42,1	7,2	3,940
Antracita	84,4	1,9	0,9	0,6	4,4	7,8	7,390

Cifras de Tailandia muestran que los residuos se pueden recoger, embalar y transportar a los ingenios a un costo de US \$ 1.87/GJ, mientras que el petróleo con un poder calorífico equivalente cuesta US\$ 2.91/GJ.¹ En Islas Mauricio se pueden producir, a partir de los residuos, 4.2 MWh de electricidad por hectárea de caña. Los residuos poseen un contenido de cenizas más alto que el del bagazo, por esta razón es recomendable quemarlos mezclados con bagazo.

Un estudio realizado por el Departamento de Ciencias Exactas de la Escuela Superior de Agricultura de la Universidad de Sao Paulo, Brasil demostró que es posible mantener una hidroeléctrica similar a la de Itaipú, funcionando solamente con la energía de la biomasa de la paja y del bagazo, durante el período de mayo a octubre (Villa, 2008). Según este estudio, la paja, que actualmente es un problema ambiental a causa de la quema en el campo, tiene un excelente potencial de energía eléctrica debido a su alto poder calorífico.

Otro autor (Caetano, 2008) propone mantener 50% de la paja en el campo para conservar la calidad agronómica del suelo y utilizar la otra parte con fines energéticos. Aunque el proceso está funcionando a escala comercial, no se ha establecido aún la proporción de paja y bagazo que debe emplearse en las calderas durante la zafra para no interferir en la eficiencia del proceso y se augura que dentro de 15 años no va a haber centrales de azúcar, sino centrales de energía.

1. GigaJoules: Unidad de energía equivalente a mil millones de julios, que a su vez es una unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor.



El proyecto brasileño denominado “Lignoetanol” (Buckeridge, 2012) plantea obtener un combustible vegetal de impacto ambiental mínimo, y además; darle un uso a la paja residual del cultivo de caña de azúcar, que por lo general es quemada por los productores. Además de añadirle un valor agregado a esta paja, su uso evitará el fuerte impacto ambiental provocado por su quema en las regiones productoras de caña de azúcar. Aunque el proyecto está en sus inicios, se espera un gran aporte en el sector bioenergético y poder comercializar etanol a partir de la paja de caña, pues actualmente en el mercado no hay un proceso industrial económicamente viable para producir etanol a partir de

biomasa vegetal, como el bagazo o la paja de la caña de azúcar. Todo el proyecto plantea una reducción en la contaminación atmosférica, un aumento significativo de la productividad del combustible sin necesidad de aumentar las áreas de cultivo ni de invertir en otras especies que apoyen el proceso de producción. En la medida que se obtengan logros en el desarrollo de su manipulación, recolección y transporte, así como en la forma de tratamiento para lograr la granulometría requerida para su combustión, se puede disponer de criterios que permitan una valoración técnico- económica adecuada, sobre su posible utilización para los fines mencionados.



Generación de energía eléctrica

En los ingenios azucareros de México, se emplea actualmente el bagazo de la caña como combustible en las calderas que generan el vapor que necesitan las turbinas para el accionamiento de generadores eléctricos, molinos, bombas centrífugas, ventiladores, etc.; y el vapor de escape se destina al proceso de fabricación de azúcar. Las presiones y temperaturas del vapor generado en estas calderas son relativamente bajas pero suficientes para lograr un equilibrio energético entre fuerza motriz y vapor para el proceso. Con calderas de presión

y temperatura de vapor más altas y mejor rendimiento, se puede accionar una turbina con un generador eléctrico de mayor potencia que cubre las necesidades propias de la fábrica y queda un importante excedente que se podría exportar a la red eléctrica sin que haya incremento en el uso de la biomasa. Esta energía eléctrica generada por un combustible renovable, que se entregaría al sistema eléctrico nacional reemplazaría a la generada en centrales térmicas que consumen combustibles fósiles, con un impacto ambiental favorable. (BNDES, 2008).



Como indicadores de la mayor disponibilidad de energía eléctrica, mientras las condiciones típicas de las calderas empleadas en los ingenios brasileños durante los años ochenta permitía producir excedentes del orden de las 10 kWh/tc (tonelada de caña procesada), actualmente alcanzan cerca de 28 kWh/tc en la mayoría de las unidades productoras y 72 kWh/tc en los ingenios más modernos. Con la utilización de parte de la paja de la caña cosechada y mejoras en el proceso industrial, los excedentes de energía eléctrica podrán alcanzar más de 150 kWh/tc. A inicios de 2008, la capacidad instalada en los ingenios de azúcar y bioetanol en Brasil era de 3.1 GW, con perspectivas de que la generación de energía eléctrica para la red pública a base de bagazo pueda alcanzar los 15 GW hasta el 2015, o un 15% de la actual potencia instalada en las centrales eléctricas brasileñas.



Cogeneración en ingenios azucareros

La agroindustria de la caña de azúcar realiza el consumo de una gran cantidad de energía para la obtención del azúcar; el vapor generado en las calderas es utilizado como combustible, empleado en los turbogeneradores, que producen energía eléctrica y/o mecánica para el ingenio. El vapor vivo restante, se emplea para el accionamiento de las turbinas de molinos, donde después de realizar su trabajo se expande y sale del proceso como vapor de escape, que se utiliza en los pre-evaporadores del jugo claro de caña. De esta manera se disminuye el consumo de combustibles fósiles en los procesos industriales del ingenio azucarero y se promueve la sustentabilidad.





El proceso industrial consume una significativa cantidad de energía térmica y eléctrica, pero, en el caso de la agroindustria a base de caña, estas demandas pueden ser atendidas por un sistema combinado de producción de calor y potencia (sistema de cogeneración) instalado en el propio ingenio. Este sistema utiliza sólo el bagazo como combustible y además, puede generar excedentes para la red pública.

Una evaluación de los costos de oportunidad del bagazo, de acuerdo con escenarios prospectivos de rendimientos y costos de capacidad, en las configuraciones típicas de precios del bioetanol y de la bioelectricidad, indica que la producción de energía eléctrica tiende a ser más atractiva que la producción de biocombustible.

La producción de energía eléctrica a base de bagazo es elegible para la obtención de créditos de carbono, presentando adicionalidad y una metodología aprobada para cuantificación y certificación de esos créditos, en los términos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, de conformidad con lo establecido en el Protocolo de Kyoto.

La caña de azúcar permite producir mucho más que bioetanol, azúcar y electricidad. Entre los coproductos tradicionales de la caña, podrían citarse: melaza, aguardiente, bagazo, levadura, torta de filtro y vinaza; mientras que la lista de los nuevos productos, numerosa y variada, incluye desde realzadores de sabor para la industria de alimentos hasta plástico para embalajes. Un estudio publicado en 2005 presenta más de 60 tecnologías empleando la caña de azúcar como materia prima en diferentes sectores industriales, en buena parte relacionados con la industria de alimentos. (BNDES, 2008)

Estas opciones del empleo de subproductos de la caña de azúcar, ofrecen una forma sustentable de aprovechar los residuos de la industria y la generación de otras fuentes de ingreso a los ingenios. Con la actual tecnología y con las opciones de maquinaria que el mercado ofrece, muchos ingenios pueden irse sumando a estas buenas prácticas.

Conclusiones

La industria de la caña de azúcar posee los elementos necesarios para ser autosustentable en lo que refiere al consumo de energía para su operación, al utilizar los residuos obtenidos de la cosecha y de la molienda para generar energía se reduce el consumo de petróleo; sin embargo, aún queda pendiente solventar el detalle de la recolección y el transporte de dichos residuos, ya que siguen siendo éstas las principales razones por las cuales las zonas cañeras no hacen uso de este recurso.

Por otro lado, el actual modelo energético, basado principalmente en un uso de combustibles fósiles hace ver la necesidad de buscar alternativas para obtener energía y sustituirlas por fuentes renovables. En primer lugar, porque los combustibles fósiles cuentan con reservas agotables y muy concentradas en unas pocas regiones del mundo, que además, cuentan con una fuente de energía insegura; y en segundo lugar, porque las emisiones contaminantes que producen estos combustibles están afectando gravemente a la atmósfera y al clima del planeta.

La agroindustria de la caña de azúcar debe adoptar el uso de energías renovables para su propia operación, pues con esto se obtiene una reducción de costos, mayor seguridad energética, protección del clima y el medio ambiente, desarrollo industrial y económico sostenible.



BIBLIOGRAFÍA

1. BNDES, CGEE, FAO y CEPAL, Bioetanol de caña de azúcar, Una energía para el desarrollo sostenible, 2008.
2. Buckeridge M., Cáceres O., Instituto de Biociencias de la Universidad de São Paulo (USP), Programa FAPESP de Investigación en Bioenergía (Bioen). Brasil. 2010.
3. Caetano T., Wagner de Oliva M., Departamento de Ingeniería Rural de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) de la Universidad de São Paulo. Brasil, 2008.
4. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar, ZAFRAS 2008/09 - 2014/15, México, 2015.
5. García E., Glosario de términos de campo y de fábrica de la agroindustria azucarera. Cía. Editora del manual azucarero. Citado por CONADESUCA en <http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/conadesuca/Paginas/default.aspx>, 1999.
6. León M. T. S., Dopico R. D.; Triana H. O.; Medina E. M., Paja de la caña de azúcar sus usos en la actualidad, ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Ciudad de La Habana, Cuba, 2013
7. Morales R., Agencia Imagen del Golfo, www.zafranet.com, 2013
8. Villa N. N. A., Ocheuze P. C., Departamento de Ciencias Exactas de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) de la Universidad de São Paulo. Brasil, 2008.