

PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN INGENIOS AZUCAREROS

Ing. Manuel Enríquez Poy

Resumen

La importancia que hoy en día tienen los temas de corte energético, no sólo en nuestro país, sino en el mundo en general, nos obliga a la búsqueda permanente de aquellas alternativas que, habiendo probado su viabilidad técnica, se presenten como opciones económicas a los hidrocarburos, cuya expectativa de utilización es finita y cada vez más próximo su agotamiento.

La Agro Industria de la Caña de Azúcar en nuestro país, está bien consciente del rol que la gramínea jugará en el futuro, dada su mayor fortaleza, a saber "pronta renovabilidad"; y secuestradora potencial de CO₂. Es aquí donde surge el *alcohol etílico*, en sus variantes: anhidro e hidratado, como una contribución al balance energético y a la detención del mal de los últimos tiempos; "el cambio climático".

Se presentan en esta colaboración diversos aspectos relacionados con las experiencias locales de investigación y expectativas a futuro, basadas en prácticas internacionales con el *etanol anhidro*.

Introducción

En México, se cultivan aproximadamente 50 millones de toneladas métricas de caña, para una producción de 5.8 millones de TM de azúcar y 1.8 millones de TM de melazas (zafra 2004/05); uno de cuyos destinos finales es precisamente la producción de alcoholes de distintas calidades. En años recientes, se instalaron en dos destilerías de ingenios azucareros, sendas columnas deshidratadoras, para la obtención de alcohol anhidro, mejor conocido como *etanol*, para uso como carburante asociado a las gasolinas convencionales.

La iniciativa surgió del acuerdo suscrito entre la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera y el Gobierno del Distrito Federal, aunque sin la tácita aprobación de PEMEX. Se acordó que serían destinados 10 millones de litros de etanol anhidro, para servir en las unidades del Gobierno del DF; recibiendo apoyos económicos los involucrados, mismos que serían liquidados en especie y en su momento.

El antecedente desafortunadamente fracasó, por motivos alejados al objetivo de esta presentación; aunque sirvió para el desarrollo de una investigación orientada hacia la exploración de salidas alternativas al agudo problema del sector azucarero, siempre en la palestra de los problemas económicos que nos afectan.

Si bien la producción de alcohol etílico en las 12 destilerías que operaron en los ingenios alcanzó una cifra cercana a los 60 millones de litros en la zafra más reciente; en lo que respecta al *etanol anhidro*, la producción fue insignificante, destinándose fundamentalmente para fines distintos al energético.

Habiendo tenido contacto con la experiencia Brasileña, pilar de dicha iniciativa en el mundo, se puede decir sin temor a equivocaciones que, para que la opción del *etanol* en México sea viable, tendremos que encontrar solución al problema económico, siempre relacionado con subsidios a la agricultura; y despojar el tema de la connotación política asociada permanentemente a nuestro medio.

Producción de Alcohol Etílico

La capacidad instalada actualmente en las destilerías, es de unos 346,000 litros/día; con rendimientos en el rango comprendido entre 230 y 250 l/ TM de melaza procesada.

Por lo que respecta a las dos destilerías con posibilidad de producir *etanol anhidro*, ésta asciende a 115,000 l/día. Se encuentran ambas en el Estado de Veracruz: ingenios La Gloria y San Nicolás.

Los efluentes de la destilación "vinazas", su producción es superior actualmente a 750 millones de litros, @ 11° Bx, cuyo destino principal es la *ferti-irrigación* de los cañaverales aledaños a los ingenios, dada la gran cantidad de materia orgánica y como fuente de potasio para el cultivo de la gramínea. Marginalmente se aprovechan como ingrediente de las raciones para alimento de ganado.

La tecnología de producción de alcohol, pudiera considerarse como tradicional, con grandes **atrasos tecnológicos y sin recuperación ni de levadura, ni de CO₂**.



Teóricamente, una tonelada de azúcar invertida se convierte en 644.8 litros de alcohol absoluto. El rendimiento será proporcional al contenido de azúcar en las mieles empleadas como materia prima para la destilación; por ejp:

Una melaza con 45% de azúcares fermentables; la recuperación teórica de alcohol será:

$$450 * 644.8 / 1000 = 290.16 \text{ l.alcohol}$$

Con una eficiencia de fermentación de 85% y una de destilación de 98.5% ; la producción neta de alcohol sería:

$$290.16 * 85 / 1000 * 98.5 / 1000 = 243 \text{ litros (absoluto)}$$

En lo referente a los aspectos energéticos, predominan las bajas presiones de vapor en las destilerías; requiriéndose un consumo elevado de bagazo y/o combustóleo, lo cual incide desfavorablemente en el costo de producción final.

Normalmente, la producción se realiza coincidiendo con el período de zafra; aunque algunas plantas operan durante el receso, con dependencia absoluta del hidrocarburo para satisfacer la demanda de energía, con mayores costos asociados.

Se reportan trabajos de investigación orientados al empleo de las vinazas residuales como diluyente de las mieles CINESTAV IPN y mejoras en la fermentación con cepas de levadura mejoradas CIATJ., entre otras contribuciones biotecnológicas.

No hay reportes del empleo del jugo de caña directo como materia prima en las destilerías de nuestro país; situación que obligaría a disponer de plantas de gran capacidad, tal y como ocurre actualmente en Brasil.

El costo de producción es variable e incierto, puesto que normalmente queda incluido dentro del costo de producción de azúcar en los ingenios. Un análisis serio implicaría tomar en consideración, entre otros elementos: mieles ; combustible; productos químicos; agua; mano de obra (operación y mantenimiento) ; etc.

Por lo que respecta al aspecto fiscal, la venta de alcohol queda afecta al 50% del IEPS + IVA.

Experiencias con el Alcohol Anhidro en México.

La producción de etanol anhidro en nuestras destilerías, es bastante reciente y limitada; surge después de la investigación desarrollada por el Instituto

Mexicano del Petróleo, gracias a la iniciativa de GEPLACEA, habiéndose probado mezclas de etanol, en relación de 3%, 6% y 10% junto con gasolina base. Las pruebas de emisiones se realizaron en 12 motores, representativos del parque vehicular que corre en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México a 2,200 m.s.n.m.,(con y sin convertidor catalítico).

DETERMINACIÓN	5% MTBE	3% ETANOL	6% ETANOL	10% ETANOL*	ETANOL
PESO ESP. 2014 ° C	0.7444	0.7436	0.7475	0.7486	0.7885
PVR, lb/pulg 2	7.27	7.58	7.69	8.03	1.92
RON	91.2	91.5	90.8	92.3	
MON	83.8	84	83.6	84.2	
(RON+MON)/2	87.5	87.8	87.2	88.3	
D-86					
AL 10% °C	64.8	62.7	58.1	57.1	79.3
AL 50 % °C	108.5	110	108.7	105.3	79.3
AL 90 % °C	172	171.1	168.5	169.3	79.3
TFE	212.2	213.3	210	209.7	79.4
AZUFRE, ppm	690	640	640	580	
AROMATICOS % vol	25	25	24.8	27.1	
OLEFINAS %vol.	11.2	11.8	10.9	11.7	
BENCENO % vol.	1.1	1.2	1.1	1.1	
OXIGENO % vol.	1	1	2	3.7	
PODER CALORIFICO, Btu/lb	18498	18319	18140	17901	12536

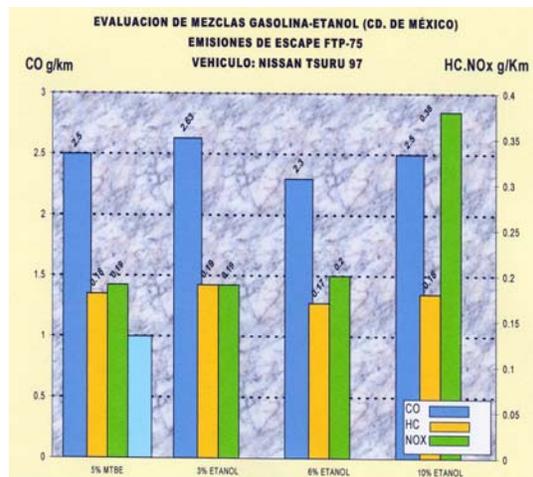
Diferentes mezclas etanol / gasolina. Resultados.

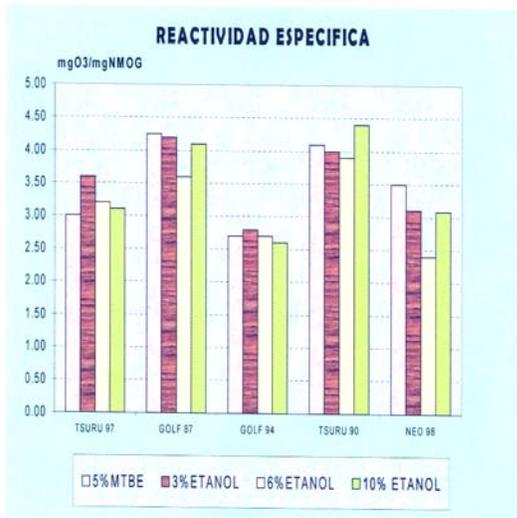
La determinación de emisiones se basó fundamentalmente en:

- Hidrocarburos
- Monóxido de carbono
- NO_x

Los protocolos de prueba se ajustaron estrictamente a la normativa exigida por el propio IMP y las autoridades ambientales de la materia.

A continuación se presenta una gráfica con algunos resultados de la prueba, comparativamente con la mezcla gasolina-MTBE.





Resulta evidente que, no obstante tratarse de una muestra reducida, las conclusiones preliminares infieren que los mejores resultados se obtuvieron con la mezcla: 6% etanol anhidro c/gasolina; con emisiones equiparables a las gasolinas actualmente en uso, con reducciones significativas en algunos parámetros tales como O₃ entre otros.

No debe descuidarse de modo alguno el impacto del etanol sobre algunos elastómeros y juntas del motor; situación ya superada por la industria de automotores Brasileña.

Aspectos Económicos Asociados a la Producción de Etanol.

Los detractores de las *energías renovables*, anteponen siempre, no sin algo de razón, la inviabilidad económica de los proyectos; el etanol, no es la excepción, aunque merece hacerse algunas reflexiones sobre el tema.

Efectivamente, el precio de la caña de azúcar en México es bastante elevado (cerca de 38 U\$/TM), cifra que comparada, por ejemplo con países de Centro y Sudamérica, prácticamente se triplica. Esto, desde luego, está íntimamente relacionado con el costo de producción, debido a factores tales como: el minifundio (< 4.5 Ha / agricultor) ; agro insumos; agua y energía; así como a las fluctuaciones del precio de las melazas, que inhiben frecuentemente la producción de alcohol; sin desmerecer los aspectos de contaminación ambiental implícitos.

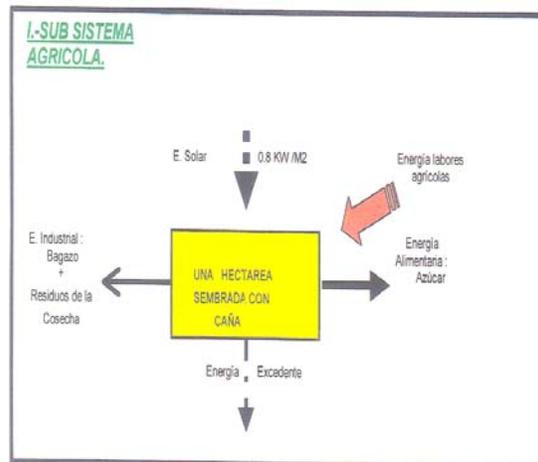
A la Agro Industria de la Caña de Azúcar en México, se le ha dado en llamar *sector en crisis permanente*, por la recurrencia de los problemas que la aquejan; no obstante ello, la importancia que en lo económico , lo

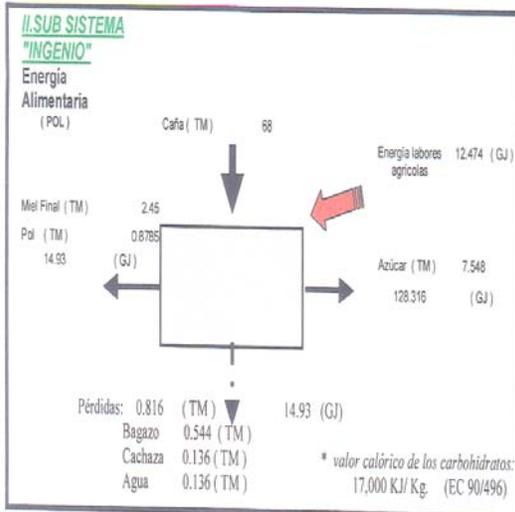
político y social tiene, obliga a los involucrados a la búsqueda de formulas que ayuden a su sostenimiento. En tiempos de globalización, donde surge el término *competitividad*, como la panacea que todo resolverá, la *diversificación del sector* ayudará sin duda a paliar los efectos catastróficos de la apertura indiscriminada del sector agropecuario, privilegiando opciones de competencia entre desiguales *jarabes de maíz ricos en fructosa*, provenientes del país que otorga fuertes subsidios tanto a la agricultura, como a la transformación industrial.

Como mera referencia, durante la última zafra, la producción de sacarosa alcanzó un registro histórico 5.8 millones de TM, éxito que se revierte, con el arribo de grandes cantidades de edulcorantes y jarabes del exterior. Se impone entonces la exportación del dulce a otros mercados, distintos al TLCAN, con pérdidas cercanas a los 300 U\$ / TM; al no poder acceder al mercado de los E.U., gracias a la flagrante violación del acuerdo comercial por los vecinos del norte.

Siguiendo en la línea de la *diversificación*, las experiencias de otros países, asocian la producción de etanol a la cogeneración de energía eléctrica, siempre con base en el bagazo como combustible propio de la caña. De esta manera, el costo energético se ve reducido significativamente; de igual forma, el empleo de materiales más ricos en azúcares: *mieles intermedias*, o el propio *guarapo*, contribuyen favorablemente al balance económico final del proyecto.

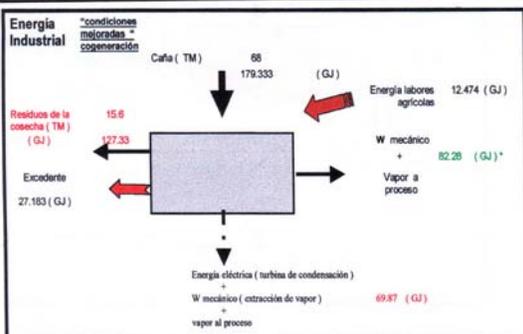
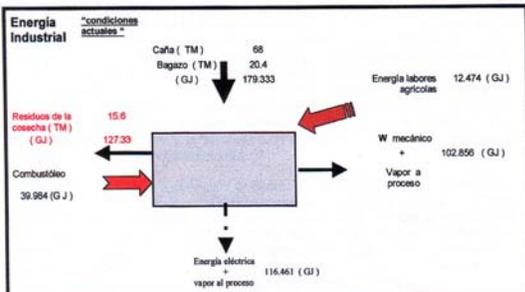
Surge entonces el concepto de **INGENIO-DESTILERIA-TERMoeLECTRICA**, con amplias expectativas en el tema del mencionado déficit energético nacional.





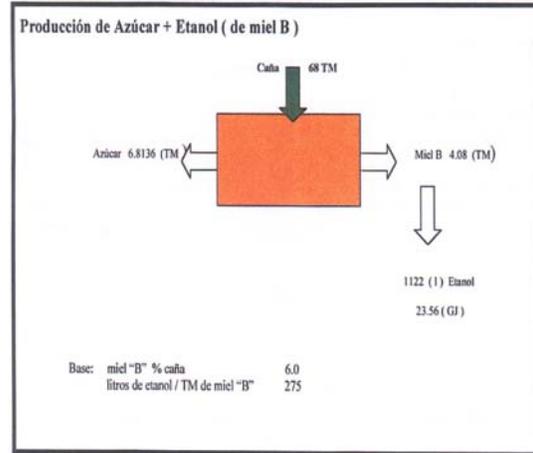
En las condiciones promedio actuales, el aprovechamiento energético de los ingenios, presenta todavía serios desbalances, mismos que obligan al consumo de combustóleo a razón de 7.64 litros por tonelada métrica de caña industrializada.

Algunos ingenios, han dado pasos ya en dirección hacia el ahorro y uso eficiente de la energía; incrementando la presión del vapor generado, con importantes reducciones y aún, supresión de consumo de combustibles complementarios .



Una opción para controlar inventarios de azúcar, sin afectar el cultivo de la caña (aspecto riesgoso, dado el predominio de los terrenos de temporal en un 80% de

la superficie cultivada), es precisamente el empleo de mieles ricas miel "B", con un contenido de azúcares superior al de la melaza, para la producción de etanol. Por cada tonelada métrica de caña, se producen aproximadamente 55 Kg de este material; del cual a su vez potencialmente se obtienen 8.25 Kg de azúcar y el resto de miel final.

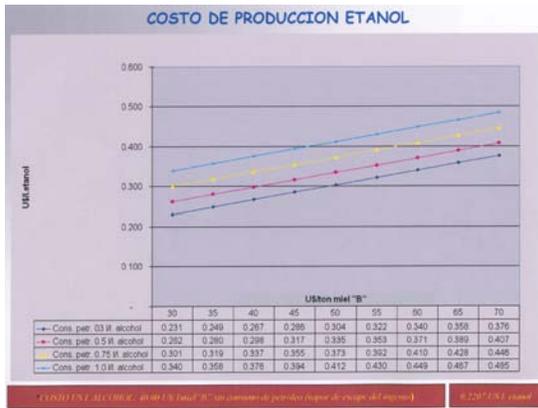


A continuación se presenta un análisis de coyuntura; corresponde al caso donde habría que exportar azúcar al mercado mundial, con precios deprimidos y participación del cañero en el diferencial de ingresos no recibido.

Costo de Producción de Etanol.

materia prima U\$/TM	U\$/l.alcohol	
30	0.10909091	
35	0.12727273	
40	0.14545455	
45	0.16363636	
50	0.18181818	
combustóleo :	U\$/l	U\$/l.alcohol
0.155	0.155	
0.3		0.0465
0.5		0.0775
0.75		0.11625
1		0.155
mano de obra:	U\$/l.alcohol	
		0.025
productos químicos:	U\$/l.alcohol	
		0.01875
Agua y e. eléctrica:	U\$/l.alcohol	
		0.005
Desalajo vinazas:	U\$/l.alcohol	
		0.01
Depreciación: *	U\$/l.alcohol	
		0.01666667
COSTO ANUAL:	U\$/l.alcohol	

0.231007576	** US\$/t.miel "B" 30.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.249189394	** US\$/t.miel "B" 35.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.267371212	** US\$/t.miel "B" 40.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.28555303	** US\$/t.miel "B" 45.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.303734848	** US\$/t.miel "B" 50.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.321916667	** US\$/t.miel "B" 55.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.340098485	** US\$/t.miel "B" 60.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.358280303	** US\$/t.miel "B" 65.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.
0.376462121	** US\$/t.miel "B" 70.00;consumo petróleo 0.3l/l.alcohol.



Conclusiones

La viabilidad económica de la producción de etanol anhidro en nuestro país, depende de varios aspectos a considerar:

- Costo de la materia prima a emplear
- Autosuficiencia energética, a partir del bagazo de la caña. Cero petróleo.
- Economía de escala (mayor tamaño de las destilerías).
- Incorporación de la *Cogeneración*, con entrega de electricidad a la red pública en el ingenio.
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación.
- Subsidios a la agricultura (producción de caña destinada para etanol y/o exportación de azúcar al mercado mundial).

En otros aspectos, deberá exigirse al Gobierno Federal, la fijación de un arancel efectivo a las importaciones de alcoholes ;para evitar la elusión a través de otras fracciones arancelarias.

Como mera referencia, los precios de venta de caña y etanol en Brasil, en el mes de junio del año que corre, fueron los siguiente:

Caña: U \$/ Tm

En campo 10.18

En el ingenio 11.42

Etanol: U\$ / l *

Anhidro 0.2721

Hidratado (combustible) 0.2383

Hidratado (otros fines) 0.2731

- sin flete, sin impuestos.

Cd. de México octubre 2005.

poymanuel@prodigy.net.mx