

La historia detallada de
un programa de
gran alcance

PROÁLCOOL

El programa de sustitución energética en Brasil

Por: José Fernando Shlosser* y Luis Márquez**



Cosecha y transporte de la caña de azúcar en Brasil.

A partir de la caña de azúcar brasileña
**1985: 2 millones de coches con
alcohol combustible**

Especiales dificultades en camiones
y tractores

Las hipótesis iniciales no se
cumplieron

INTRODUCCION

El PROÁLCOOL es un programa de sustitución energética desarrollado en Brasil, a partir de la mitad de la década de los 70 y que hoy aún permanece, pero en condiciones muy inferiores a las que se preveía, cuando se implantó.

Las dimensiones del programa lo configuran como el mayor programa de sustitución de productos derivados del petróleo del mundo, por sus metas proyecta-

das, y también por lo que se ha logrado en los 13 años en que ha funcionado en su plenitud.

El programa fue creado en la segunda crisis mundial del petróleo y muy relacionado con la situación en que el país se encontraba, importando petróleo en cantidades equivalentes al 40% de la exportación. Esta fuente representaba la mitad del consumo energético del país.

Esta era una situación contradictoria, pues las condiciones particulares de insolación, suelos y disponibilidad hídrica eran apropiadas para la obtención de energía a partir de la biomasa. Cabe resaltar que la matriz energética brasileña siempre estuvo muy relacionada con la biomasa vegetal.

CREACION Y COMIENZO DEL FUNCIONAMIENTO

El PROÁLCOOL fue creado por un decreto del gobierno, en el mes de noviembre de 1975, y a la vez se hicieron diversas manifestaciones patrióticas, algunas muy curiosas. Entre estas el circuito de la integración nacional, donde tres coches de producción nacional recorrían 800 km del territorio, con sus motores funcionando con 100% de alcohol hidratado como combustible. También el caso de una destilería que justificaba la sustitución precipitada de sus tractores, por modelos preparados para alcohol, por cuestiones patrióticas.

El programa empezó en un clima de

(*) Ing. Agr., Profesor Asistente, Depto. Ing. Rural. Centro de Ciencias Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, R.S. Brasil.

(**) Dr. Ing. Agr., Profesor Titular, Depto. Ing. Rural, UP Madrid.

desconfianza; se pensaba que había sido creado para solucionar el problema de los productores de azúcar, pues el mercado internacional de este producto era, en ese momento, muy desfavorable.

La opción por el alcohol se debió a que había muy buenas experiencias con este combustible en la parte nordeste del país, desde el inicio del siglo, y en todo país con ocasión de la 2ª Guerra Mundial. La materia prima elegida fué la caña de azúcar, por la experiencia con este cultivo y por disponer de un considerable número de destilerías de funcionamiento. Otras opciones consideradas fueron el sorgo, la madera y la *Mandioca* (yuca).

El funcionamiento del plan se basaba en tres pilares básicos. El agricultor se encargaría de la producción de la materia prima, el destilador tendría que producir el al-

de la gasolina por alcohol en mezcla con ésta. En la segunda fase, de 1980 hasta 1990, se proyectaba una sustitución de 50% de la gasolina por alcohol tanto el anhidro, en mezcla con la gasolina, como el hidrato, utilizado puro en los motores. En la fase final la gasolina representaría solamente 25% del combustible vehicular. Para lograr estos objetivos, las inversiones deberían proporcionar la creación de más de 3.000 destilerías y una producción de más de 10 billones de litros de alcohol anuales. Este crecimiento exigía la creación de 200 nuevas destilerías autónomas por año, esto es, solamente produciendo alcohol. Pero el mayor reto era la sustitución parcial del Diesel, largamente utilizado en la agricultura y en el transporte pesado en este país continental.

tor decisivo para que el programa no tuviese el éxito que se preveía. Los agricultores estaban insatisfechos por el precio que recibían por la materia prima, los destiladores no estaban de acuerdo con el valor y plazo de pago del alcohol por parte de la Petrobrás. El consumidor, comprador de vehículo adaptado al alcohol, no lograba compatibilizar los beneficios económicos con los problemas generados por el alcohol en los motores.

Cambio de la estructura productiva

Aunque este sea un punto muy discutible, el programa siempre cargó la responsabilidad del cambio de estructura productiva, pues la tenencia de tierras siempre estuvo en elevada concentración y existía el peligro de que muchos agricultores, con



Transporte de la caña de azúcar con conjunto camión + remolque llamado en Brasil "Treminhao".

cohol y entregarlo al gobierno, léase *Petrobrás* (empresa estatal del petróleo), que se encargaría de la distribución y comercialización. Así, el compromiso era mutuo, entre gobierno e iniciativa privada, intentando mejorar la eficiencia en el proceso de producción de materia prima, proporcionando rendimientos satisfactorios, optimización de los procesos de producción alcohólica y mejoría de la conversión térmica en los motores de combustión interna.

La capacidad instalada en el principio era de 600 millones de litros de alcohol por año y el número de destilerías no sobrepasaba las doscientas. Se hicieron proyecciones a corto, medio y largo plazo.

Hasta 1980 se debería substituir 20%

PROBLEMAS OCURRIDOS EN EL TRANCURSO DEL PROGRAMA

Estructura de funcionamiento

El programa, por su dimensión y por las características del país, empezó con problemas relacionados con la dificultad de definir con exactitud las variables que intervenían antes de su inicio; así, deberían introducirse medidas de adecuación durante su desarrollo, pero estas requieren las decisiones políticas, lo que no podía resultar fácil.

Fijación de costes y precios

Esto, en nuestra opinión ha sido el fac-

superficie considerable, pudiesen dejar de producir cultivos alimentarios y optar por la caña, un monocultivo, si sus precios fuesen atractivos.

Indefinición de la política energética nacional

Este problema que persiste hasta esta fecha y por lo visto permanecerá sin solución para los próximos años, ha sido culpable por la indefinición de la iniciativa privada nacional e internacional en promover mayores inversiones. Siempre se supo que Brasil tenía una matriz energética derivada de la biomasa, pero la Petrobrás siempre demostró ser una defensora del uso de los combustibles fósiles, quizás en

COLABORACIONES TECNICAS

función del poder político que esto representaba.

Excesiva burocracia

Los productores y destiladores siempre tuvieron problemas para trabajar de manera integrada con el gobierno, por medio de la Petrobrás, pues la compleja estructura proporcionaba una falta de coordinación y esto se reflejaba en problemas relacionados con la fijación de costos, retraso en pagos, definición de cupos, etc.

Sustitución del gasóleo

Casi cien por cien de los motores utilizados en el transporte de carga y en los tractores agrícolas y forestales en Brasil se alimentan con gasóleo. Ninguno de los intentos de utilizar el alcohol etílico anhidro como sustituto del Diesel fueron satisfactorios, en algunas ocasiones por problemas técnicos y en otras económicos, por su bajo rendimiento. La adopción del alcohol etílico hidratado fue un fracaso siempre que se utilizaron motores de ciclo Otto en tractores y camiones, vehículos que necesitan motores con par elevado, condición inadecuada para este tipo de motor. La solución en este sector parecía ser la adopción del etanol anhidro aditivado, ya que el alcohol tiene un poder de auto-inflamación muy bajo, lo que puede ser solucionado por medio de aditivos, la mayoría del grupo de los nitratos.

Bajo rendimiento de los motores

El alcohol, aunque esto no sea un problema insoluble, en el inicio de su utilización, proporcionaba unos rendimientos muy bajos. Eran frecuentes los problemas de consumo excesivo, dificultad para la puesta marcha en frío, corrosión y desgaste excesivo de partes internas del motor, y además de esto, el frecuente cambio de las proporciones entre mezcla de gasolina y alcohol, temporales y regionales, hacen al consumidor normal perder la confianza en el alcohol como combustible. También contribuyeron a este descrédito algunas malas conversiones, hechas en talleres poco capacitados. Pero también es justo decir que los vehículos movidos con alcohol a partir de la segunda mitad de la década de los 80, tenían condiciones de funcionamiento muy semejantes a los de gasolina. Esto se consiguió con una fuerte inversión por parte de la industria automovilística nacional, en lo que llegó a llamarse «tercera generación de motores a alcohol», mejorando las características técnicas, y de manera especial las cámaras de combustión, optimizando la relación de compresión, tratando contra la corrosión el carburador y los depósitos, modificando el avance electrónico e instalando una

puesta en marcha automatizada para el arranque en frío.

Falta de recursos financieros

En diversas etapas del programa se hizo sentir la falta de recursos financieros para nuevos proyectos de destilerías, lo que provocaba la frustración de las hipótesis de producción y consecuentemente de sustitución. Así mismo se estima que, entre inversiones públicas y del Banco Mundial, se aplicaran en el programa unos 10 millones de dólares, solamente de estructuras de producción.

Desabastecimiento

En varias ocasiones hubo falta de alcohol en las estaciones de servicio, ocasionando problemas al consumidor. La solu-

ción ha sido la disminución constante de la producción de vehículos movidos con alcohol, la reconversión para gasolina y las importaciones del producto.

1985. La mezcla con la gasolina se mantenía entre el 17 y 20%, variando en función de problemas de transporte y en el gasóleo entre el 5 y 7%. En la fase plena de acción del programa, el país producía más de 10 billones de litros anuales de alcohol hidratado y esto provocaba una sustitución de 180 mil barriles diarios de petróleo, lo que significaba una economía de más de 1.3 billones de dólares anuales (US\$20,00/barril).

Es innegable también que en el desarrollo del programa el cultivo de la caña de azúcar tuvo una mejora de rendimiento, pasando de las 50 t/ha, en la década del 60, a una media de 80 t/ha. Algunos productores sobrepasaban las 100 t/ha. Este incremento de rendimiento se debía a incorporación de tecnología de cultivo y había compensado la caída de precios del alcohol.



Clausura de la C.I.M.A. (Conferencia Internacional de Mecanización Agraria) en FIMA 93.

PLENO FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

De la mencionada integración entre iniciativa privada y gobierno en el programa, se puede extraer una anécdota muy conocida entre los críticos de la estructura de funcionamiento del sistema del transporte y de la distribución. El ejemplo de la «Usina da Barra», en Barra Bonita, Sao Paulo, demuestra la falta de eficiencia en la operación de transporte y distribución: a unos 800 m de la salida de la fábrica, hay una estación de distribución de combustible, pero el alcohol no puede ser entregado directamente; hay que traer un camión vacío de la ciudad de Bauru, a unos 70 km de distancia, recoger el producto, llevarlo hasta Bauru y desde allí se puede volver hasta la estación de servicio, volviendo vacío otra vez a Bauru. Entre los viajes, el camión hace 280 km cuando 800 m separan la fábrica del terminal. Este problema es conocido como el *paseo del alcohol*.

Cuando el inicio del programa, en 1975, se partió de una situación característica de 18.820 km² ocupados con caña de azúcar, donde la mayoría estaba destinada a la producción de azúcar, pero que tenía sus precios en baja en el mercado internacional. En 1985, la venta porcentual del segmento de coches de pasajeros y uso mixto a alcohol llegó a 95,8%. La estimación era sobrepasar las 3.500 destilerías (200 iniciales) y una producción de 10,7 billones de litros anuales, en el año de

EXPERIENCIAS BRASILEÑAS EN LA SUBSTITUCION

Transporte urbano particular

En este sentido el programa ha superado todas las expectativas iniciales. El funcionamiento de los coches y otros vehículos de pequeño tamaño, principalmente a partir de la tercera generación de motores, ha aumentado considerablemente. En momento dado el consumidor no hacía distinción entre los modelos de alcohol o de gasolina, pues el funcionamiento era semejante.

Los problemas iniciales fueron resueltos y la diferencia de precios entre gasolina y alcohol tuvo que ser reducida, pues el principio de equivalencia entre los dos combustibles favorecía considerablemente al alcohol. Al principio se pensaba que la diferencia en el rendimiento era, aproximadamente, en un 35%, favorable a la gasolina. Pero con la relación de precios rebajada hasta un 20%, aun era ventajosa la utilización de motores a alcohol. En relación con el consumo de combustible, cuando el motor utiliza alcohol hidratado puro de forma prolongada, se puede señalar que cuanto mayor era la potencia utilizada (circulando más rápido), más favorable era la utilización del coche alimentado con alcohol.

En mezcla con la gasolina, el alcohol etílico mejora el poder antidetonante de la gasolina, al aumentar su número de octanos, por lo que puede substituir con ventaja el aditivo plomo tetra-etilo que, además de ser contaminante, es más caro.

En consecuencia, en el año 1985, la industria automovilística brasileña ya contaba con 2 millones de vehículos de uso mixto, utilizando el alcohol combustible.

Transporte comercial de cargas

La mejor opción en este sentido ha sido la utilización de motores de encendido por compresión, con el alcohol substituyendo al gasóleo, puesto que los motores de ciclo Otto tienen menor rendimiento en el transporte. Para ello se desarrollaron muchos vehículos de este tipo.

La Volkswagen fue la que invirtió más esfuerzos y mejores resultados ha obtenido con su camión modelo E-13 (1981) y el E-21 (1982). Incluso la propia industria se había adelantado al mercado buscando la viabilidad técnica económica de estos camiones en el transporte de la materia prima. Esto ha sido un trabajo conjunto entre la VW y los productores, lo que llevó a lograr muchos avances tecnológicos que fueron después incorporados en los modelos de la segunda generación (1984).

Los resultados de las pruebas realizadas con otro camión, modelo N1033, de la marca Volvo, fueron satisfactorios, mejorando la rentabilidad al utilizar alcohol puro

aditivo, de manera que con ello se podía comprar un camión en cinco años, en comparación con lo que se conseguía con camiones de la misma marca con alcohol hidratado (ciclo Otto). Estos camiones se utilizan equipados con remolques, y permiten transportar una carga total de más de 70 toneladas.

La Mercedes Benz también se interesó en el desarrollo de vehículos para trabajar con alcohol aditivado en motores de ignición por compresión.

El potencial del sector de transporte por carretera es muy atractivo, pero creemos que básicamente habría que empezar con el segmento cañero, de transporte de combustible y distribución de gas, lo que representa alrededor de unas 65 mil unidades.

En la agricultura

Dos tipos de motores han sido utilizados en tractores agrícolas con alcohol combustible. El primer tipo fue el tractor con motor de ciclo Otto alimentado con alcohol hidratado puro. Quizás el mayor error fue optar por motores de automoción de difícil adaptación a las condiciones del trabajo agrícola, donde mostraron alto consumo de combustible y necesidad de trabajar a altas revoluciones para obtener pares motor compatibles con la necesidad del trabajo agrícola. Las máquinas vendidas comercialmente eran en su mayoría de la marca CBT (Companhia Brasileira de Tratores) y Massey Ferguson, con su modelo 290.

La ventaja básica de los motores de ciclo Otto es la simplicidad de uso, pues podrían utilizar alcohol puro sin aditivos. Los tractores bi-combustible, como era el caso de la marca Valmet, tenían un complejo sistema de inyección, dos depósitos, y conseguían buenos rendimientos.

Los motores de combustión por compresión (ciclo Diesel) pueden ser utilizados con el alcohol como combustible único, pero hay que superar el problema básico del bajo poder de auto-inflamación (*ignition delay*), mediante el empleo de aditivos. En este caso, los mejores resultados se lograron con productos del grupo de los ésteres de ácido nítrico.

El retraso de la inflamación es el tiempo que hay entre el inicio de la inyección del combustible y el inicio de la plena combustión. Para lograr trabajar con alcohol, que debe ser etílico aditivado, es necesario adecuar la inyección. En este caso, se intenta lograr la máxima eficiencia del alcohol para compensar su menor poder calorífico en relación al Diesel.

La principal ventaja, además de la de substituir un combustible de origen fósil por un derivado de la biomasa, es que se reduce las emisiones de contaminantes, disminuyendo el nivel de monóxido de carbono, de los hidrocarburos sin quemar,

del óxido de nitrógeno y del humo, en relación al gasóleo.

Pruebas con motores Mercedes Benz OM352, realizadas en Brasil con alcohol anhidro y el aditivo nitrato de etilo, demuestran que la durabilidad de los motores puede ser superior que con gasóleo. En cuanto al rendimiento se puede obtener mejoría en el par motor, superando al gasóleo en aproximadamente 10%. También se hicieron pruebas con un aditivo orgánico de origen nacional. En estas pruebas, 4 vehículos habían recorrido hasta el año 1981, 1,3 millones de kilómetros, de los cuales en 300.000 se había utilizado el aditivo orgánico, presentando resultados inmejorables.

DECADENCIA Y SITUACION ACTUAL

A partir del año 1987, el gobierno brasileño, empieza una gradual campaña de desestímulo al programa, suspendiendo la financiación de nuevos productos de destilería y desarrollando una política favorable para el alcohol como combustible. En esa fecha de producción de coches a alcohol había bajado a menos del 80% del total del mercado.

Como el alcohol tenía un rendimiento energético menor que la gasolina se introducía un diferencial de precios de un 69%, esto es, el alcohol tenía un valor final de 69% del precio de la gasolina. En 1989 este diferencial había sido incrementado hasta 75%. Con esta medida el efecto inmediato ha sido la disminución de la venta y producción de automóviles preparados para alcohol.

Por primera vez, en el mes de mayo de ese año, se produjeron faltas de abastecimiento de alcohol en las estaciones de servicios.

Al final, hubo quejas por todos lados, gobierno, destilador, el participante con ligación más débil en la cadena, el productor de caña, que ha sido el primero en abandonar la trilogía que daba sustento al programa. El destilador, dentro de lo que permitía sus condiciones, ha empezado a incrementar su cupo de azúcar, porque los precios de este producto volvían a ser atractivos. El consumidor reaccionó evitando comprar automóviles para alcohol en la década de los noventa, o adaptando sus vehículos para el funcionamiento a gasolina.

A finales de 1989 la cuota de mercado de automóviles para alcohol había bajado hasta el 50%. En ese mismo año, fuentes gubernamentales declaraban que la producción de automóviles para alcohol debería ser rebajada hasta un 30%, para equilibrar la relación producción consumo, pues el mercado internacional de azúcar había tenido una substancial recuperación.

También en ese año se incrementaron

COLABORACIONES TECNICAS

considerablemente las disputas por el poder entre los productores de alcohol y la Petrobrás. Los destiladores declaraban que esta había perdido poder económico, al dejar de procesar casi 200.000 barriles diarios de petróleo, que habían sido substituidos por alcohol. Los destiladores empezaron a enfrentarse con el gobierno por los incrementos de cotización del alcohol.

En 1990 comienza una importante pérdida de confianza del consumidor en el alcohol. Ahora, en 1995, hay un déficit de alcohol de alrededor de 1,5 billones de litros anuales, lo que obliga a la importación, para sostener el programa.

Hoy, los porcentajes de mezcla alcohol-gasolina son próximos a cero y la industria está produciendo poco más de un 10% de automóviles para alcohol, dirigidos en su mayoría a los compradores situados en la región centro-nordeste y norte del país. Las ventas están casi paraliza-

das en la región centro-sur. Así mismo, están paralizadas las producciones de tractores y de camiones para alcohol, y desde el comienzo de la década de los 90, no se realiza investigación substancial en el tema.

CONCLUSION FINAL

La cuestión energética es antes que nada económica, pues en la valoración del balance, el punto de vista económico es tan importante como el energético. En esta cadena entran factores como subvenciones, ayudas, comisiones, poder político, etc.

Una de las razones básicas por las que el PROÁLCOOL no tuviese el éxito esperado ha sido la necesidad de subvencionar permanentemente el alcohol, pues en la fase inicial del programa, mientras el barril de petróleo tenía un precio de US\$12,00, su equivalente en alcohol costaba US\$

36,00. Los costes se iban incrementando de tal manera que el gobierno, por medio de la compañía estatal, no tuvo otra salida que desestimular su funcionamiento, o, por lo menos, reducir el ritmo previsto.

Las hipótesis iniciales en las que se apoyó el programa no se cumplieron plenamente, bien, debido al incremento del precio internacional de petróleo, que se mantuvo por debajo de lo previsible, bien porque la mejoría de la eficiencia del proceso productivo de la caña, de la producción del alcohol y finalmente del rendimiento termodinámico de los motores fuera insuficiente para cambiar el balance energético-económico.

Sin embargo se comprobó que el alcohol es una alternativa a la gasolina, y la puede sustituir ventajosamente desde el punto de vista ambiental, disminuyendo la concentración de monóxido de carbono en la atmósfera.

AG

LIBROS

NOVEDAD EDITORIAL

AG

LIBROS



• LOS CULTIVOS NO ALIMENTARIOS COMO ALTERNATIVA AL ABANDONO DE TIERRAS

Autores Varios. (24 x 17 cm), 128 pp. P.V.P.: 2.000 PTA

(Coedición con Col. Ing. Agrónomos de Centro y Canarias y Fundación "La Caixa")

La crítica situación de la agricultura en los países comunitarios está obligando a reducir las superficies de cultivo. Una alternativa al abandono de tierras puede ser la obtención de materias primas para un empleo no alimentario.

Cultivos destinados a la producción de biomasa para la obtención de energía eléctrica; especies vegetales de interés farmacéutico, cosmético o de aplicación como aditivos en la industria alimentaria pueden ser una solución a los problemas creados por la reforma de la PAC.

La alternativa con más posibilidades de futuro, y más ampliamente tratada en este libro, es la utilización de aceites vegetales en la producción de combustibles. Los problemas generados por el uso del biodiesel son comentados por los fabricantes de motores y tractores.

El trabajo que se presenta recoge las ponencias presentadas por los asistentes a la Jornada Técnica sobre Cultivos Alternativos organizada por el Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias y la Fundación "la Caixa", en colaboración con ASAJA, celebradas en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real.

Agricultura

EDITORIAL AGRÍCOLA ESPAÑOLA, S.A.

Caballero de Gracia, 24, 3º izqda.

Teléfono: (91) 521 16 33 - FAX: (91) 522 48 72.

Madrid-28013