

## ALCOINDUSTRIA:

### ES IMPORTANTE SU DESARROLLO PARA COLOMBIA?

*Por: Gildardo Hernández S.*

*Departamento de Ingeniería Química*

*Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*

---

---

#### INTRODUCCION

Aunque tradicionalmente algunos países como la India, Brasil y más recientemente Perú se han interesado por la Agroquímica en general y por la Alcoquímica en particular(1,2), fue a raíz de la crisis del petróleo en 1974 cuando estos países dieron un impulso especial al desarrollo de esta área que plantea valiosas perspectivas para los países en desarrollo, sobre todo si no son ricos en petróleo, recurso natural no renovable que, prácticamente con exclusividad se ha usado como fuente de energía y de productos químicos.

Son comunes la afirmación y la creencia de que Colombia es un país con abundantes recursos naturales, tanto renovables como no renovables, aunque algunos consideran que es un sentir no apoyado en la realidad. De to-

das formas, sean muchos o pocos, es de esperarse que su explotación y aprovechamiento se efectúen de manera racional y planificada que asegure un positivo impulso para el progreso social, científico y tecnológico del país.

Evidentemente, lo deseable sería el desarrollo simultáneo, y de ser posible integrado, de los diversos recursos naturales, porque así se obtendría beneficio de las ventajas propias de cada área y se atenuarían las desventajas o limitantes, en caso de haberlos. Pero de no ser posible esta simultaneidad, cuál sería el orden de prioridad favorable para una solución más inmediata a los graves problemas socioeconómicos que apremian al país?

La respuesta es indudablemente compleja y el presente trabajo de divulgación no tiene tal cometido, aunque

posiblemente aporte algunos elementos de juicio cuya consideración podría resultar útil al ir a tomar decisiones sobre este particular. El objetivo fundamental de este escrito es el de aportar alguna información básica sobre la alcoindustria y las perspectivas que puede ofrecer en el desarrollo de Colombia.

## 1. FUENTES ENERGETICAS

Se ha vuelto costumbre hablar de fuentes energéticas convencionales y no convencionales. Las primeras comprenden: hidroelectricidad, carbón, petróleo y gas natural. Las no convencionales incluyen: energías solar, eólica, geotérmica, biomásica (alcohol, gasohol, bagazo), etc.

La política nacional está orientada actualmente al aprovechamiento de las fuentes convencionales, con un desinterés casi completo por las no convencionales.

Es importante notar que tres de las fuentes convencionales son no renovables, y que la otra, dada la explotación incontrolada de los bosques y las prácticas creadoras de erosión de nuestros campesinos, tiende a adquirir el mismo carácter. Por tanto, independientemente de la magnitud de sus reservas tienden al agotamiento, a mediano o largo plazo. Es atinado entonces el énfasis dado al desarrollo de las fuentes convencionales con prescindencia

casi absoluta de las no convencionales, la mayoría de las cuales tienen además un definido carácter de inagotables o renovables?

### 1.1 Magnitud de reservas y consumos (3,4,5,6,7,8,9).

#### 1.1.1 Hidroelectricidad:

El orden de magnitud de las reservas hidroeléctricas, identificadas a enero de 1979, era de  $14188 \times 10^3$  GW ó 1181 millones de Ton. equivalentes de petróleo (TEP) incluidas las regiones del Orinoco y el Amazonas. Sin embargo las reservas con posibilidad de explotación inmediata o a corto plazo ascendían a 80 985 MW, excluidos los aportes de las regiones mencionadas que actualmente están valoradas en 12000 MW, pero que dadas las características demográficas y la carencia de infraestructura apropiada, hacen antieconómica por ahora su explotación.

Las reservas hidroeléctricas se discriminan con base en cuatro regiones: Región del Pacífico (Río San Juan, Patía y Tributarios), Región del Atlántico (Ríos Cauca, Magdalena y Tributarios, Atrato, Sinú y Sierra Nevada de Santa Marta), Región Amazónica (Ríos Amazonas y Tributarios). Región del Orinoco (Ríos Orinoco y Tributarios).

La producción de energía hidroeléctrica durante 1979 fue de 69 94\* MW (1.08 millones de TEP), cuando el

\* Considerado un factor de planta que suele ser alrededor del 50o/o.

aprovechamiento eléctrico en estudio ascendía a 20630 MW, y los proyectos en construcción (Chivor I y II, Guatapé II, Alto Anchicayá, Mesitas y San Carlos), proporcionarán una producción de 4490 MW. En cuanto a desarrollos futuros previstos se espera pasar de una capacidad instalada de 6000 MW en 1980 a 48000 MW en el año 2001.

La comparación de las reservas con las demandas o consumos prospectados evidencia la gran riqueza hidroeléctrica del país cuyos programas de desarrollo no han sido los más atinados en los años anteriores a 1979, si se tiene en cuenta que el consumo de hidroelectricidad para dicho año representó apenas el 7.7o/o del consumo total de energía, cuando sus reservas constituían un 53.7o/o de las reservas energéticas globales. Se entiende entonces el porqué de la prioridad dada al campo de la hidroelectricidad por el Plan de Integración Nacional. Efectivamente, esta forma de energía abre amplias posibilidades para desarrollos industriales en general y en particular para industrias que como la electroquímica no ha recibido el impulso promocional necesario; además, se debe considerar la posibilidad de usar esta forma de energía en el transporte, pues tiene la ventaja adicional de su limpieza y de no crear contaminación. Los excedentes podrían quizás ser exportados a los países vecinos.

Existe sin embargo un factor que ensombrece panorama tan promisorio, y

es la enorme inversión que este desarrollo exige. En 1978 la inversión por KW era aproximadamente 500 dólares, lo que implicaría que la instalación de los 48000 MW previstos para el año 2001 demandaría una inversión de por lo menos 25000 millones de dólares. Por otra parte para el próximo cuatrenio se requieren aproximadamente 60000 millones de pesos colombianos para llevar a cabo proyectos de generación, transmisión, distribución y electrificación rural. Cuando se reflexiona sobre las magnitudes de estas inversiones es casi inevitable que surja el temor de que paradójicamente la explotación de este recurso, en lugar de implicar beneficios para el pueblo colombiano, se constituya en un motivo más para incrementar sus cargas e hipotecar en mayor grado nuestra soberanía a través de contratos leoninos, impuestos por la desmedida rapacidad de algunos países desarrollados, como ha sucedido con la mayoría de nuestros recursos.

1.1.2 Carbón: las reservas probadas a enero de 1979 ascendían a 1267.38 millones de toneladas (809.89 millones de TEP) con un potencial probable de 10000 millones, distribuidas en las 23 subcuentas que conforman la Gran Cuenca Oriental y las 12 de la Occidental. Las variedades van desde bituminosos hasta antracíticos con una amplia gama de calidades que permiten usarlo como combustible directo, en calderas y termoeléctricas, y como materia prima en siderurgia y carboquímica.

Colombia posee las mayores reservas en Suramérica y es actualmente el mayor productor de la región (4 millones Ton/Año). Sin embargo, y a pesar de ser ésta su segunda reserva energética con un 36.80/o del total, su participación en el consumo global de energía para el año de 1979 fue de 24.50/o representado por 3.47 millones de TEP. A esta tasa, excesivamente baja si se tiene en cuenta que su aprovechamiento formal está por iniciarse, y sin incluir lo que se exporta, las reservas probadas durarían unos 223 años. No es pues una reserva inagotable como algunos creen, o de magnitud extraordinaria, pues en el concierto mundial solamente llegarían al 0.50/o, muy distantes de las potencialidades de Estados Unidos, Inglaterra, China, Canadá, etc. La explotación de este recurso tiene por desgracia, la que parece ser característica negativa de todos los recursos energéticos: exigir ingentes inversiones para su desarrollo. Se estima que para los proyectos contemplados por Carbocol para los próximos cuatro años se requieren unos 130 mil millones de pesos.

Un aspecto desfavorable con respecto al uso del carbón, especialmente como combustible directo, es su gran poder contaminante, cuya reducción implicaría encarecimiento excesivo. Algunos han sugerido metanación previa para obtener "gas natural" sintético.

### 1.1.3 Petróleo: en 1975

Colombia dejó de ser exportador y pasó a ser importador de crudo. Para 1976 y 1980 las

importaciones fueron de 6.7 y 7.34 millones de barriles respectivamente, habiéndose importado un máximo de 9.4 millones en 1977. En cuanto a la gasolina las cantidades importadas fueron 2.6 y 7.6 millones de barriles para los mismos años, con un máximo de 9.3 millones en 1979. Las reservas recuperables a principios de 1979 eran de 724 millones de barriles y para fines del mismo año se fijaron en 537 millones, correspondientes a 101 millones de TEP, que representaría sólo el 4.580/o de las reservas energéticas totales del país.

La producción en ese año fue de 6.3 millones de TEP. A este ritmo, que lógicamente tiende a incrementar, las reservas recuperables darían para unos 16 años de explotación. Es importante notar que a pesar de la precariedad de las reservas probadas, su participación en el consumo global de energía para dicho año fue de 44.60/o, es decir, se está usando más del recurso que menos se tiene, según los datos actuales.

El gobierno, mediante el Plan Decenal Exploratorio buscaba asegurar en lo posible el autoabastecimiento para mediados de la actual década, con la perforación de unos 712 pozos adicionales a partir de 1980. Las Cuencas Petrolíferas (Atlántica, Pacífica, Valle del Magdalena Medio, Valle del Alto Magdalena, Guajira, Catatumbo, Llanos Orientales y Putumayo). con extensión de unos 431 mil Km<sup>2</sup>, más las plataformas submarinas en ambos océanos, constituyen potencialidades

promisorias en la exploración de este valioso recurso. Aunque parece que el autoabastecimiento proyectado no se alcanzará para la fecha prevista, los proyectos de Ecopetrol relacionados con exploración, producción, refinación, transporte y almacenamiento de hidrocarburos demandarán para el próximo cuatrenio una inversión aproximada de los 123 mil millones de pesos.

1.1.4 Gas Natural: en enero de 1979 las reservas recuperables de gas natural ascendían a unos 4421 miles de millones de pies cúbicos distribuidos así: Sierra Nevada de Santa Marta-Guajira (77o/o), Magdalena-Cauca (19o/o), Orinoquía-Catatumbo (4o/o), con una equivalencia de 108 millones de TEP. Es decir, la reserva de gas natural era

practicamente equivalente a la del petróleo en estos términos, y su aporte en el consumo global durante 1979 alcanzó al 23.2o/o. Aunque el uso de estos recursos han de impulsarse significativamente en los próximos años mediante proyectos que incluyen, entre otros, la construcción de plantas de metanol y de fertilizantes, así como la de un gaseoducto hacia el interior para abastecer la demanda industrial, no se logró conocer el valor de la inversión prospectada.

En la tabla 1 se presentan los datos de reservas y producción, que facilitan su comparación y permiten visualizar lo incongruente que ha sido la explotación de los recursos energéticos colombianos. Es conveniente resaltar los siguientes hechos de importancia:

**T A B L A 1**  
**RESERVAS VS. PRODUCCION - 1979**

Fuente	Reserva (millones de TEP)	o/o Reserva Total	Producción (millones de TEP)	o/o Producción Total	Relación Consumo/Reserva
Hidroelectricidad	1181.12	53.70	1.082	7.7	$9.16 \times 10^{-4}$
Carbón	809.89	36.82	3.470	24.5	$4.28 \times 10^{-3}$
Petróleo	100.76	4.58	6.296	44.6	$6.25 \times 10^{-2}$
Gas Natural	107.83	4.90	3.275	23.2	$3.03 \times 10^{-2}$

- a) De las cuatro fuentes en consideración, las que aportan más al consumo total de energía, son precisamente las tres de naturaleza no renovable.
- b) La participación en el consumo es mayor cuanto menor es la reserva recuperable de la fuente.
- c) Las reservas de las fuentes no renovables, consideradas las cantidades recuperables tienden al agotamiento a corto o mediano plazo.
- d) Los recursos energéticos no renovables constituyen también posibles fuentes de valiosos productos químicos.

Finalmente vale la pena contrastar algunas de las cifras mencionadas con las mostradas por pueblos que como la China Continental se están convirtiendo en verdaderas potencias mundiales: para 1976, cuando contaba con unos 850 millones de habitantes el consumo global de energía fue el equivalente a 2250 millones de barriles de petróleo (394.93 millones de TEP), de los cuales casi el 66o/o fue proporcionado por el carbón, alrededor del 20o/o por el petróleo crudo y cerca del 13o/o por el gas natural. Esta distribución de consumo es acorde con las correspondientes magnitudes de sus reservas energéticas probadas.

## 2. INDUSTRIA QUIMICA (10,11, 12).

La industria química nacional se ha caracterizado por varios rasgos que a la postre han constituido un lastre para su apropiado desarrollo. Entre ellos resaltan los siguientes:

- a) Desenvolvimiento caótico, con ausencia de cadenas productivas de acuerdo a la secuencia lógica recurso natural-producto básico - producto intermedio-producto terminal. Efectivamente ha habido una polarización extrema, con escasez notoria de la industria de productos intermedios, cuyo impulso es vital para cimentar una industria armónica y sólida.
- b) Crecimiento por sustitución de importaciones, lo cual además de reafirmar el rasgo anterior, conlleva la mayoría de las veces a un desinterés peligroso por la calidad, en ausencia de competitividad y de normas exigentes al respecto. Aunque cierto grado de protección a la industria nacional es necesaria y conveniente, el proteccionismo exagerado, sobre todo si no existe un control de calidad apropiado, puede resultar contraproducente para el desarrollo de la industria misma y lesivo para el consumidor.
- c) Transplante irracional de tecnología para la puesta en marcha de la planta seleccionada, con capacidades muchas veces no acordes con de-

mandas actuales o potenciales, ya que han sido desarrolladas en países con altos valores de demanda interna y gran mercado de exportación. Esta importación irreflexiva, sin la adecuación y asimilación deseadas, poco o nada ha aportado a la experiencia tecnológica nacional.

d) Preponderancia del capital extranjero sobre la inversión nacional en una proporción de 3 a 2, lo cual explica en buena parte la inclinación hacia la importación del "Know-How", con un predominio de personal directivo, si nó en cuanto al número, sí en el poder decisorio y orientador de la empresa, donde muchas veces el personal técnico autóctono está condenado a una actividad profesional carente de iniciativa propia. Esto sin considerar las implicaciones negativas que en el aspecto económico conlleva tal situación. La inversión extranjera, sin embargo, es necesaria pero debiera ser reglamentada en una forma tal que conduzca a un mayor beneficio para el país tanto en lo económico como en lo científico, técnico y social.

e) Uso de materia prima importada, lo que contribuye a elevar costos y a reducir rentabilidad y competitividad. Esta dependencia exagerada y generadora de incertidumbre en la estabilidad misma de la producción y su beneficio económico se origina en la forma descoordinada y azarosa en que se ha dado su desarrollo, muy a pesar de la disponibilidad de suficientes recursos naturales propios que aún no han sido aprovechados y que deberían

haberlo sido, dentro del concepto de cadena productiva.

f) Poca generación de empleo directo e indirecto debido a varios de los rasgos antes anotados: ausencia de tecnología propia, exclusión de materia prima autóctona y en general, inexistencia de una planeación sólida y definida del gobierno para el desarrollo industrial del país.

g) Consideración exclusiva de la vía petroquímica para la obtención de productos valiosos en el campo industrial, ignorando alternativas que como la alcoquímica y la carboquímica pueden ser más convenientes para la coyuntura socioeconómica de los países en vía de desarrollo. Lógicamente no se pretende, necesariamente, la sustitución de una alternativa por otra, pero sí se considera conveniente el estudio de las posibilidades ofrecidas por cada una de ellas o de un posible desarrollo integrado.

### 3. ALCOINDUSTRIA (13,14,15, 16,17,18,19,20,21,22,23).

Se entiende por Alcoindustria el uso del alcohol para fines industriales especialmente como fuente energética y de productos químicos, independientemente del uso tradicional que concretamente el etanol ha tenido para la elaboración de licores. En el presente trabajo pues, el término Alcoindustria se relacionará específicamente al uso potencial del etanol como carburante y como materia pri-

ma para la obtención de productos químicos. Parece oportuna esta aclaración ya que también el metanol ha sido considerado desde hace tiempo como carburante, puro o mezclado con gasolina.

Aunque el etanol puede obtenerse por diferentes procesos, inclusive vía petroquímica, se piensa aquí en el fabricado a partir de la caña de azúcar como materia prima fundamental. Esto implicaría la visión panorámica de la secuencia cultivo de caña de azúcar-obtención de etanol-alcoindustria, a la que comúnmente se denomina agroquímica, utilizando el término genérico de biomasa como fuente de alcohol.

### 3.1 *El etanol como carburante.*

La factibilidad de usar etanol como carburante en motores de combustión interna ha sido estudiada con especial interés por el Brasil, donde se ha ensayado puro o mezclado con gasolina (gasohol). También U. S. A. ha impulsado la investigación en este campo y ha incentivado su uso como Gasohol.

Aunque algunas de las conclusiones encontradas en la literatura relacionada son a veces contradictorias, es importante consignar aquí unas cuantas de ellas:

- Las mezclas de alcohol-gasolina hasta un 25o/o de etanol pueden usarse sin ninguna modificación en los motores actuales.

- Los vehículos actuales se pueden adaptar para usar alcohol puro.

- La combustión del alcohol y de las mezclas es menos contaminante que la de los combustibles fósiles.

- El consumo de combustible por kilómetro es mayor para el etanol y sus mezclas que para la gasolina (hay quienes han encontrado igual rendimiento o aún favorable para las mezclas, bajo condiciones particulares) en un 17o/o.

- La potencia desarrollada con apropiada carburación es mayor con el etanol y sus mezclas que con la gasolina (razón de su uso en ocasiones para vehículos de carrera).

- El alcohol y sus mezclas mantiene un buen funcionamiento del motor con mezclas combustible-aire mucho más pobres que la gasolina.

- El octanaje o poder antidetonante del alcohol y sus mezclas es superior que el de la gasolina, permitiendo el uso de una mayor relación de compresión para el motor, con lo que se favorece la potencia.

- El etanol usado puede ser deshidratado o no, sin variación significativa en la potencia obtenida, pero con requisitos diferentes en la adaptación del motor.

En cuanto a los beneficios hasta ahora percibidos, los brasileros se muestran



satisfechos aunque en los últimos meses parece haber surgido algunas reservas con respecto al uso del alcohol puro, en cuanto a la aceptación de los usuarios o a su mal uso. Lo que no ha acontecido con el gasohol.

Para 1985 se espera una producción total de alcohol de fermentación en el rango de 4-6 millones de m<sup>3</sup>, que de ser usado en mezclas combustibles representarían el 20/o de los requerimientos primarios de energía estimados para el Brasil en dicho año.

Los beneficios de tipo social y económico ya empezaron a percibirse mediante la creación de nuevas fuentes de trabajo tanto debido al montaje y operación de nuevas destilerías (aprobadas más de 200) como a la ampliación y tecnificación de cultivos, con lo cual es posible atenuar la migración o lograr el retorno del trabajador al campo. Se ha estimado que con 85000 Km<sup>2</sup> (10/o del territorio) sembrados con caña de azúcar se podrían obtener 3600 millones de l/año de alcohol, que equivaldría prácticamente a más del 80o/o del consumo actual de gasolina y ACPM en el Brasil.

U.S.A. también ha impulsado el uso del etanol como combustible. El gasohol usado allí se compone de 90o/o de gasolina sin plomo y 10o/o de etanol anhidro. A fines de 1980 existían más de 9000 estaciones de servicio que expendían gasohol en 45 estados de los 52 que constituyen la Unión Americana. En 1981 la Comisión del Congreso recomendó no sólo la amplia-

ción del uso de gasohol, que para dicho año tenía asignada una meta de 500 millones de galones, sino la fabricación de automotores para operar con etanol puro, y el estudio para desarrollar la producción de metanol que se usaría con propósitos complementarios.

Los planes para la presente década incluyen la construcción de 340 plantas de etanol con una capacidad total de 4500 millones de galones, cuando en 1980 la capacidad de producción para alcohol usado como gasohol era apenas de 400 millones de litros. El alcohol combustible en USA procede del maíz, ya que el llamado etanol químico, obtenido del etileno (vía petroquímica) y que asciende a más de 200 millones de galones/año, se destina a la fabricación de solventes, cosméticos, productos de limpieza, farmacéutica y anticongelantes.

Prueba de la importancia que en USA se ha dado al alcohol como carburante es el hecho de que hasta 1980 existían más de 70 grupos de investigación que habían adelantado estudios o evaluaciones independientes sobre gasohol, metanol-gasolina y etanol puro. Otras naciones que están impulsando el uso de gasohol son Argentina, Paraguay, Rodhesia y Kenya.

En Colombia, el Programa de Alcohol Carburante no ha despertado interés por parte del Gobierno en un grado suficiente como para estructurar un plan y destinar los recursos necesarios para su desarrollo. Las pocas activida-

des llevadas a cabo han obedecido a iniciativas propias de entidades tales como la U.I.S. y el CESET en la Universidad de Antioquia. Esta última con participación de la Fábrica de Licores de Antioquia.

Entre los estudios adelantados por el CESET, según contrato ya rescindido (marzo de 1983) con la F.L.A. se adelantaron estudios sobre propiedades fisicoquímicas y carburantes de mezclas; deshidratación de etanol, equilibrio líquido-vapor; efectos de corrosión. Se efectuaron pruebas de motores en banco, así como ensayos en ciudad y carretera. Además se evaluaron los posibles impactos socioeconómicos de un Programa de Alcohol Carburante. Infortunadamente no se logró poner por obra la idea de ir incrementando el funcionamiento a base de gasohol del equipo automotor de la F.L.A.

En las tablas 2 y 3 se presentan las proyecciones sobre parque automotor (automóviles, camionetas y camperos) y los consumos de gasolina y gasohol correspondientes, tanto para Antioquia como para Colombia.

Según valores de tablas se requerirían para esta clase de automotores en el año 1985, considerado sólo el Departamento de Antioquia, 993 mil l/día (362 millones l/año) ó 97.36 millones gl/año de gasolina, que al ser sustituido por gasohol permitiría un ahorro de 19.47 millones de gl/año. Si se considera la totalidad de los vehículos en el Departamento, habría que multiplicar estas cifras por un factor de

2.65. Asumiendo un costo de \$80/galón el ahorro estimado ascendería a \$4127.64 millones/año.

A nivel nacional las cifras anteriores deberían multiplicarse por un factor de aproximadamente 8.2, lo que implicaría un consumo total de gasolina de 2000 millones de gl/año, con un ahorro de 400 millones de gl/año en caso de usarse gasohol (\$32000 millones/año). Este ahorro cubriría el máximo importado (9.3 millones de barriles) en 1979 y equivaldría aproximadamente a 1.3 millones de TEP, casi el 20o/o de la producción de petróleo en dicho año.

En Colombia existen grandes extensiones de tierra inexplorada o explotada con pobres rendimientos. De los 114 millones de hectáreas que constituyen el territorio nacional se ha estimado que son aptos para la agricultura unos 23 millones, de los cuales se cultivan actualmente sólo 5 millones. Se tienen sembradas con caña de azúcar unas 450 mil hectáreas, la mayoría explotada sin técnica apropiada y con rendimientos muy por debajo del que podría obtenerse. La caña panelera tiene un rendimiento promedio de apenas 30 ton/año y se cultiva en una extensión de 300 mil hectáreas, mientras que la azucarera rinde unas 100 ton/año y su cultivo ocupa unas 150 mil hectáreas.

Se ha esgrimido en contra de una política energética a base de gasohol el argumento de que ello exigiría sustraer para cultivo de caña territorio necesari-

TABLA 2

CONSUMO ESTIMADO DE COMBUSTIBLES EN ANTIOQUIA PARA AUTOMOVILES, CAMIONETAS Y CAMPEROS

Uso	Consumo Gasolina o/o	Número Vehículos	Consumo Total Gasolina (m <sup>3</sup> /día)*	Etanol Total necesario (m <sup>3</sup> /día)**	Años
Particular	22.0	84 692	474	94	1981
		96 990	543	108	1983
		109 290	612	122	1985
Públicos	12.3	13 822	227	45	1981
		15 829	260	52	1983
		17 836	293	59	1985
Oficiales	3.4	2 817	68	14	1981
		3 226	78	16	1983
		3 635	88	18	1985
TOTAL	37.7	101 331	769	154	1981
		116 035	881	176	1983
		130 761	993	199	1985

\* Considerando que los vehículos consumieran sólo gasolina.

\*\* Considerando que los vehículos consumieran gasohol (80o/o vol. gasolina y 20o/o de etanol).

rio para el cultivo de alimentos. Sin embargo el alcohol requerido por ejemplo para 1985 suponiendo que todos los vehículos del país fueran a operar con una mezcla 80/20 sería del orden de 1512 millones de litros, que se obtendrían con un cultivo de apenas 360 mil hectáreas, asumiendo rendimientos de 70 l/ton y 60 ton/año hect. Resulta pues peregrino tal argumento.

Además de este potencial ahorro de combustible y divisas, un programa de gasohol proporcionaría beneficios sociales como generación de empleo en el campo, con lo cual se evitaría la migración del campesino a las ciudades, con toda la secuela de problemas que ella crea. La productividad agrícola también recibiría gran incentivo, mejorando técnicamente los métodos de cultivo.

TABLA 3

CONSUMO ESTIMADO DE COMBUSTIBLE EN COLOMBIA PARA AUTOMOVILES, CAMIONETAS Y CAMPEROS

Uso	Consumo Gasolina o/o	Número Vehículos	Consumo Total Gasolina (m <sup>3</sup> /día)*	Etanol Total necesario (m <sup>3</sup> /día)**	Años
Particular	22	746 624	4181	836	1983
		864 241	4840	968	1985
Público	12.3	142 092	2330	466	1983
		164 476	2697	539	1985
Oficial	3.4	26 825	646	129	1983
		31 051	748	150	1985
Total	37.7	91 541	7158	1432	1983
		1'059.768	8285	1657	1985

\* Considerando que los vehículos consumieran sólo gasolina.

\*\* Considerando que los vehículos consumieran gasohol (20o/o etanol).

En cuanto a la magnitud de inversión necesaria, resulta muy favorable en relación con la exigida en otras áreas considerada su potencialidad para generar empleo. Efectivamente, se ha estimado que para cultivar una hectárea de caña de azúcar se requieren cerca de cien mil pesos, y para producir un litro de etanol aproximadamente \$12 000.00. En otros campos para generar un solo empleo se necesitaría una inversión del orden de un millón de pesos.

Estas someras consideraciones hacen difícil que el desprevenido ciudadano se explique razonablemente la indiferencia con que las instancias gubernamentales miran la alternativa de la Alcoindustria.

### 3.2 Alcoquímica.

Se entiende por alcoquímica el conjunto de procesos de transformación del alcohol (etanol) a productos químicos, tales como los

mostrados en la figura 1 de la página siguiente.

Existen dos grandes vías: la del Etileno y la del Acetaldehído que en conjunto permitirían obtener unos 40 productos de gran importancia en la actividad industrial.

Tradicionalmente estos productos se han obtenido a partir de procesos petroquímicos, cuya tecnología ha sido establecida en países avanzados, con criterio de producción a gran escala para abastecer no sólo su demanda interna, de por sí grande, sino también la demanda externa a través de exportaciones.

Esto ha traído como consecuencia que los países subdesarrollados o en vía de desarrollo, al pretender impulsar su campo petroquímico con base en dicha tecnología importada, se hayan visto forzados a trabajar las plantas a capacidades muy inferiores a las de diseño, operando así con bajas eficiencias y encareciendo significativamente los procesos.

En general se puede afirmar que actualmente los procesos petroquímicos exigen una magnitud de producción y por tanto una inversión de capital muy superiores comparativamente con las exigidas por los procesos alcoquímicos para asegurar rentabilidad. Así por ejemplo, en el caso del etileno existen en algunos países plantas que operan con capacidades entre 4-13 mil ton/año a partir del etanol, y que serían definitivamente antieconómicas a partir del petróleo.

Se ha estimado que para plantas petroquímicas entre 150 y 500 mil ton/año de capacidad, los costos de capital representan 55-65o/o de los costos totales; mientras que las alcoquímicas con capacidades entre 20-60 mil ton/año tendrían costos de capital comprendidos entre 25 y 28o/o de los totales.

Puesto que las plantas apropiadas para los países en vía de desarrollo son de baja capacidad, seguramente por debajo de las 100 mil ton/año, y su capacidad de inversión es también limitada, la alcoquímica constituye una alternativa prometedora para elaborar productos básicos e intermedios de vital importancia en su desarrollo industrial.

El país que más impulso ha dado a la alcoquímica es el Brasil, donde en 1979 se obtenían los productos que aparecen en la tabla 4.

Se aprecia que las plantas son de baja capacidad, debido en algunos casos a que se busca con ellas obtener un producto que usa la misma planta fabricante como materia prima. De todas formas la más grande proyectada apenas alcanza a los 60 mil ton/año, muy posiblemente buscando una descentralización regional, pero también en consideración al tamaño de los mercados y a la influencia de la economía de escala.

Aunque en 1979 los productos alcoquímicos obtenidos resultaban más costosos y posiblemente menos rentables que los petroquímicos, a pesar de estar el precio del alcohol subsidiado



**TABLA 4**  
**PRODUCTOS ALCOQUIMICOS EN EL BRASIL**

Producto	Número de Plantas en Operación	Capacidades ton/año	Número de Plantas en Proyecto	Capacidades
Etileno	2	10000	2	60 000*
		4000		32 000*
Acetaldehído	3	40500	3	48 000*
		4200		28 600
		400		8 400
Acetato de Etilo	3	25000	1	1 320*
		2500		
		330		
Octanol	1	3300	1	13 200*
N-Butanol	2	150	3	580*
		1500		220
				12 000
Eter Etílico	2	1400		
		500		
Etilen-Etil Eter y Dietilen Glycol	1	3200	1	3 200
Cloruro de Etilo	1	60+		

\* Iniciarían operación en 1981.

+ Planta Piloto.

por el gobierno, no debe perderse de vista que de todas maneras el petróleo tiende al agotamiento y su precio a incrementar. Por tanto Brasil ha estructurado su Programa de Alcohol con sentido futurista, dando especial importancia a los beneficios sociales de creación de empleo, tanto en la ciudad como en el campo.

También la India ha impulsado el desarrollo de la alcoquímica de una manera significativa. En 1974 se consumían 155 000 ton/año de etanol en la obtención de productos químicos que incluían polietileno, cauchos sintéticos (estireno, butadieno), cloruro de vinilo, cloruro de polivinilo, poliestireno, ácido acético, n-butanol y 2 etil hexanol. Para 1980 se esperaba tener nuevos desarrollos con un consumo adicional de etanol de unas 63 mil ton/año.

El Perú tenía en 1979 un complejo industrial para la obtención de ácido acético, acetato de etilo, dicloroetano, cloruro de vinilo y polivinil cloruro.

En Colombia, como ya se ha dicho, la Alcoindustria no ha recibido ninguna atención. En ausencia de cualquier estímulo oficial y por iniciativa propia la Compañía Sucromiles S.A. elabora con beneficios económicos pequeñas cantidades de acetaldehído, ácido acético y acetato de etilo, butilo, isobutilo, amilo y sodio, sin alcanzar a cubrir el mercado local.

Es más, a una escala representativa apenas se cuenta con una Planta de

Etileno (capacidad instalada de 115 mil ton/año y 55 mil ton/año de polietileno de baja densidad) por vía petroquímica.

El gobierno, aunque sin definir claramente una política sobre productos químicos, parece como en el caso de las fuentes de energía, inclinado a considerar prioritariamente el carbón y el gas natural como fuentes alternas, a pesar de la comparativamente mayor demanda de capital exigida y el menor beneficio social en relación con la alcoquímica.

El CESET (Universidad de Antioquia) impulsa actualmente la exploración de algunos procesos alcoquímicos a nivel de miniplanta y en el trabajo de la ref. (22) se propone una planta integrada para la elaboración de 11 productos cuya margen global de oportunidad es positiva, y que demandarían un consumo total de etanol de unas 13 mil ton/año. Esto considerando capacidades de acuerdo con las importaciones promedias efectuadas en el período 1976-1981.

### 3.3 *Bagazo de la Caña de Azúcar.*

El uso de la caña de azúcar como materia prima para Etanol, hace obligante considerar también la posibilidad de aprovechar este subproducto que, aún sin desarrollar la alcoindustria, ascendía en 1981 a unos 6.5 millones de ton/año.

En principio el bagazo tiene usos potenciales como combustible, materia



prima en la fabricación de papel, tableros prensados, forraje para animales y productos químicos, según se ilustra en la figura 2 de la página siguiente.

Los usos del bagazo en Colombia durante 1981 se muestran en la tabla 5.

Como se puede apreciar, más del 50o/o se usa como combustible, solo o mezclado con fuel oil, carbón o petróleo en el caso de la caña azucarera; o mezclado con leña, cisco, ACPM, caucho y carbón el de la panelera.

Aunque las eficiencias en el uso como energético dejan mucho que desear por la forma poco técnica en que se llevan a cabo la quema y el aprovechamiento del calor generado, la energía obtenida apenas constituye una fracción de la demanda actual de los ingenios.

Se ha estimado que con menos del 80o/o del bagazo disponible se podría general energía suficiente para autoabastecimiento de los ingenios.

No se quiere sin embargo, dar la impresión de que se está muy de acuerdo con este uso exclusivo del bagazo, aunque ineficiente, como combustible. Pero en ausencia de una planeación racional para usarlo como fuente de productos químicos, papel etc., este subproducto de la industria azucarera se constituye, por su gran volumen, en

un engorroso desperdicio, perjudicial para la misma industria y la comunidad.

Por el contrario, urge disponer inteligentemente de este desecho, en muchos aspectos sustituto de la madera —lo que permitiría reducir el consumo de ésta— no sólo como fuente energética, sino y muy especialmente como materia prima para la obtención de valiosos productos, logrando así también un ahorro importante de recursos NO RENOVABLES.

## CONCLUSIONES

Se dejan al criterio del lector, a quien se formulan los siguientes interrogantes:

- Es beneficioso para Colombia desarrollar exclusivamente los recursos NO RENOVABLES?
- Se deben desarrollar paralela o integradamente los recursos RENOVABLES Y NO RENOVABLES?
- Es importante el desarrollo de la Alcoindustria para Colombia?

La esperanza es que las someras consideraciones expuestas hayan aportado algunos elementos de juicio útiles para darles respuesta.

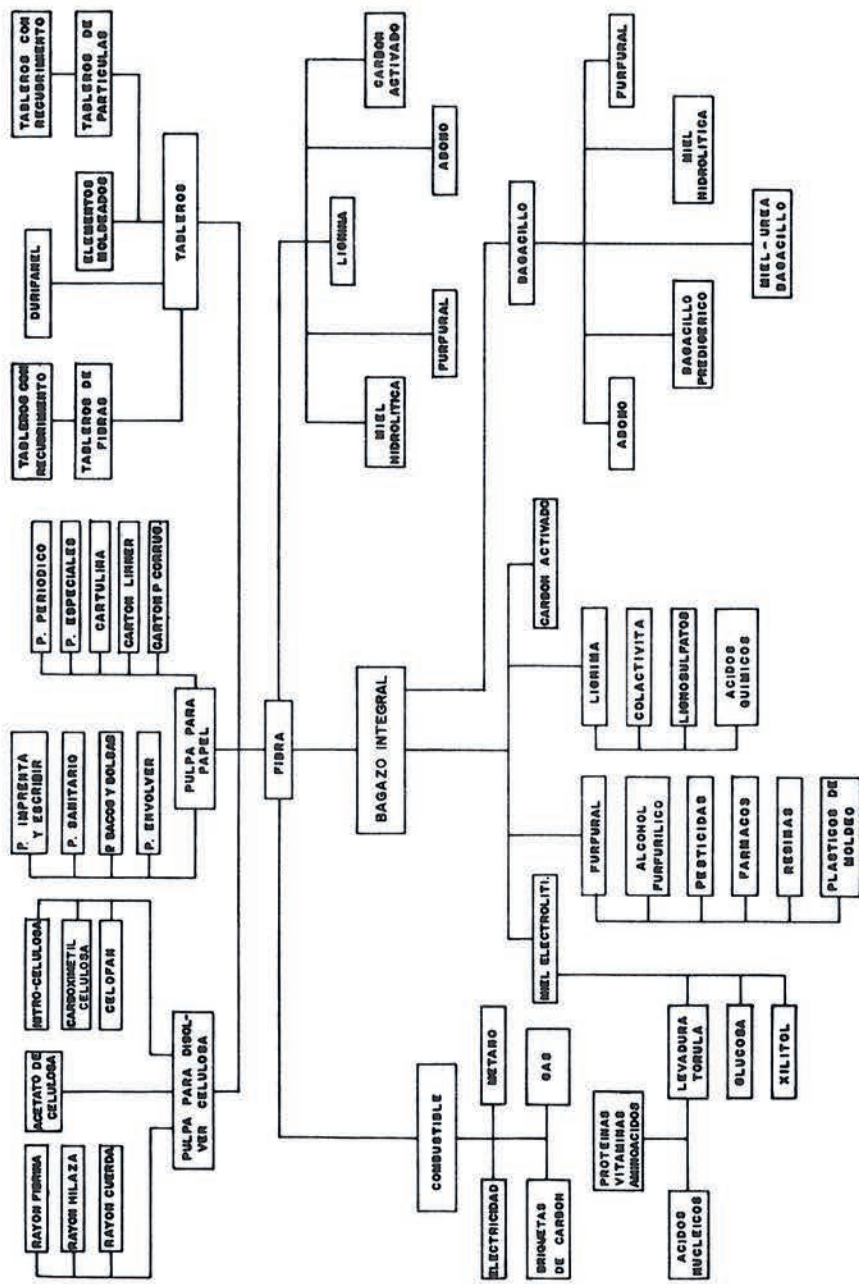


FIGURA 2. USOS DEL BAGAZO

TABLA 5

USOS DEL BAGAZO EN COLOMBIA (TON/AÑO) – 1981

TIPO CAÑA	PRODUCIDO	COMBUSTIBLE	PAPEL	SOBRANTES
Azucarera	3'275 574	2'456 681	458 580	260 313*
Panelera	3'366 000	1'009 800		2356 200

\* En este año se utilizaron 100 mil toneladas para tableros.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Winter, Olaf. Eng, Meng-Teck. *Make ethylene from ethanol. Hydrocarbon Processing, Nov 1979, pp.125-133.*
- (2) Ribeiro Filho, F. A. *The Ethanol-Chemical Industry in Brazil. Petroquisa: Petrobras Química S.A. Rio de Janeiro. Agosto 1979.*
- (3) Fernández Orozco, Pedro A. *Política Nacional sobre recursos energéticos. Conferencia presentada ante el IV Congreso Nacional de Química Pura y Aplicada. Bucaramanga, Junio 1981.*
- (4) Departamento Nacional de Planeación. *Plan de Desarrollo del Sector Eléctrico 1979-1982. Bogotá, Agosto 1979.*
- (5) Gómez Suescúm, Darío. *Recursos Naturales de Colombia. Editorial U. de A., Medellín, Diciembre 1982.*
- (6) Ministerio de Minas y Energía. *Informe sobre actividades de la industria de hidrocarburos en el país durante 1979. Bogotá, Abril '80.*
- (7) Alvarez, Eduardo et. al. *La Modernización de la Ciencia y la Tecnología en China. Ciencia y Desarrollo, 1978.*
- (8) Torres, José Eddy y Cárdenas, Víctor A. *Lineamientos generales para el "Programa Nacional de Investigación y Desarrollo en Recursos Energéticos" 1983-1986. COL-CIENCIAS, Bogotá, Septiembre 1983.*

- (9) *Bustamante, Luz Elena, Botero T., Rubén D. y Masson Jean Louis. Inventario de las diversas fuentes energéticas existentes y alternas en Colombia. CESET - U. de A., Julio 1981.*
- (10) *Poveda Ramos, Gabriel. Antecedentes y Perspectivas de la Industria Química en Colombia. Integral Industrial. Junio 1969, No. 29.*
- (11) *Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La Industria Química en Colombia. Boletín Mensual Nos. 270-271, Enero-Febrero 1974. Seminario permanente de problemas colombianos. Elaborado por Alberto Corchuelo.*
- (12) *Devia M., Napoleón y Gallego Blanca Rubiela. "El efecto de la economía de escala en la factibilidad económica de establecer plantas de productos químicos en Colombia. Anteproyecto de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Junio 1983.*
- (13) *Colmenares, Jaime y Rendón, Juan M. Agroquímica, Petroquímica, Carboquímica. Un programa de desarrollo integral. Sucromiles S.A., Agosto 1977.*
- (14) *Yand, V. and Trindade. Brazil's gasohol program. CEP, April 1979.*
- (15) *Stumpi, Urbano Ernesto. El Alcohol y el Aceite Vegetal como combustible para motores. Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), Sao Paulo, Brasil.*
- (16) *Comisión del Congreso, USA. Informe, 1981.*
- (17) *Salazar M., Hugo; Chamorro R. Javier; Masson, Jean Louis. El Parque Automotor en Antioquia y Colombia. Consumo estimado de combustibles: gasolina y etanol. CESET, U. de A., 1981.*
- (18) *Masson, Jean Louis. Esquema Conceptual de la Producción de Etanol. Estudio Preliminar. CESET, U. de A., 1981.*
- (19) *Montes de Correa, Consuelo et. al. "El Etileno" – Monografía. CESET, U. de A., 1981.*
- (20) *Bustamante, Luz Estella y Masson, Jean Louis. Estudio preliminar de algunos productos químicos a partir del Etanol. CESET, U. de A., 1981.*
- (21) *Montoya O., Mauricio et. al. Monografía sobre Acetaldehído. CESET, U. de A., 1981.*
- (22) *Devia M., Napoleón; Montes de C., Consuelo; Hernández S., Gildardo. Integración de Productos Agroindustriales. CESET, U. de A., 1983.*
- (23) *Arias Z., Mario; Salazar B., Germán; Hernández S., Gildardo. "Monografía sobre el Bagazo de la Caña de Azúcar", CESET, U. de A., Agosto 1983.*