

INTEGRACION DE PRODUCTOS ALCOINDUSTRIALES

*Por: Napoleón Devia Manjarrés
Consuelo Montes de Correa
Gildardo Hernández Saldarriaga*

*Profesores Departamento de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia*

INTRODUCCION

Colombia cuenta con gran cantidad de recursos naturales, renovables y no renovables. Los no renovables incluyen, entre otros, el gas natural, el carbón, y el petróleo, que constituyen fuentes posibles de productos químicos. Entre los recursos renovables están los productos agrícolas con enorme potencialidad de desarrollo de la agroindustria, dadas las extensas zonas con características climáticas y de fertilidad especiales para este propósito. Entre los recursos agrícolas se destacan: los almidones, azúcares y biomasa en general, por su potencialidad de suministrar a través de alcohol, productos químicos en forma competitiva con las otras fuentes mencionadas.

Hay varios factores que favorecen la alternativa de la alcoquímica, sin que

ello implique abandonar por completo las alternativas planteadas por la carboquímica y la petroquímica. Estos factores son de tipo sociológico, económico y técnico: la agroindustria generaría mayor cantidad de empleo, tanto en el área rural como urbana, lo que contribuiría a solucionar los males del desempleo y de la migración campesina, hacia las ciudades que acarrearían enorme perjuicio social; desde el punto de vista económico, hay que tener en cuenta que el país dispone de baja capacidad de inversión, no acorde con las mayores inversiones de capital exigidas por las industrias carboquímica y petroquímica, debido a que su rentabilidad presupone producción a gran escala, mientras que la alcoquímica podría ofrecer rentabilidad a las menores escalas requeridas por el mercado nacional; en cuanto a la tecnología, resalta la menor complejidad de la in-

dustria alcoquímica que permite además un desarrollo modular.

El desarrollo de la industria química nacional, se ha caracterizado por la gran influencia del capital extranjero y por el énfasis especial, dado a la elaboración de productos básicos y finales*, con omisión casi total de los productos intermedios. Esto ha dado lugar a un desarrollo desarticulado, sin cadenas de producción integradas y con capacidades que en muchos casos exceden a las demandas reales. El uso de capacidades excesivas se debe a que la tecnología disponible se ha establecido en países con mayores mercados propios y capacidades de exportación superiores a la de los países en desarrollo.

Se requiere, pues, un cambio de enfoque que procure un desarrollo integral de la industria química, con base en demandas ajustadas preferencialmente al mercado nacional, y eventualmente, al Andino, y que se apoye en capital colombiano. Esto exigiría, además, la adaptación y desarrollo de tecnología apropiada a los niveles de producción, requeridos para el aprovechamiento integral de los recursos naturales.

De lo anteriormente expuesto, se desprende que la Alcoquímica constituye una alternativa importante para la elaboración de productos químicos, especialmente intermedios, a través de cadenas de producción integradas.

A partir del Etanol, es posible obtener más de cuarenta productos químicos(2); en algunos de ellos, el alcohol actúa como única materia prima; en otros, el alcohol concurre con otras materias primas. Fundamentalmente hay definidas dos vías: la del etileno y la del acetaldehído. Actualmente, la capacidad de producción de Etileno sobrepasa la demanda, mientras que la producción de acetaldehído y algunos derivados, no satisface el mercado. Por tanto, se considera prioritario el desarrollo de la vía acetaldehído que incluye productos intermedios de especial importancia, tales como solventes y monómeros.

El presente estudio intenta definir las características tecnológicas y la importancia relativa de los compuestos químicos alcoindustriales, que se obtienen principalmente por la ruta de acetaldehído. Las características tecnológicas exploradas fueron: tamaño de planta, tipo de procesos, subproductos. La importancia relativa se midió con base en la demanda y en el precio diferencial entre el producto importado y el precio nacional.

1. ANTECEDENTES

La industria alcoquímica en el Brasil se inició aproximadamente en 1920, con ampliaciones significativas en el período 1958-1969. Entre 1970-1974, esta industria declinó debido a

* Ver clasificación de productos según Pacto Regional Andino(1).

la prelación dada a la industria petroquímica. Sin embargo, a partir de 1975, debido a la crisis energética mundial, se adoptó el Programa Nacional de Alcohol, cuya estrategia básica fue la de pasar de 590 TM/año a 3.5 millones de TM/año de alcohol en 1980 y 4.8 millones en 1985. De estas últimas, 1.6 millones serían utilizadas para la industria química (3). Como parte del programa, se han planeado alrededor de 120 destilerías y algunas plantas de productos químicos(4); en 1979, se producía ácido acético, acetaldehído, 2-etil hexanol, n-butanol, éter etílico y butadieno, entre otros (5).

El gobierno brasilero ha incentivado la inversión de capital local y foráneo en este sector, mediante la adopción de medidas económicas especiales, donde toma en cuenta la importancia de los aspectos socioeconómicos de la alcoindustria(6).

La India se interesó en la alcoquímica a partir de 1956, cuando se implementó un programa para la puesta en marcha de plantas químicas basadas en etanol, debido al bajo costo de las melazas. En 1960 se presentaron factores desfavorables relacionados con la agricultura y políticas gubernamentales, limitando la alcoquímica y dando mayor énfasis a la industria petroquímica(7). Pero a raíz de la crisis del petróleo, el interés por la alcoquímica resurgió y para el año de 1974, el país consumía 155.000 TM/año de etanol, en la obtención de productos químicos que incluían polietileno, cauchos

sintéticos (estireno, butadieno), vinil cloruro, polivinil cloruro, poliestireno, ácido acético, n-butanol y 2-etil hexanol(8). Se esperaba efectuar otros desarrollos tales que para 1980 se consumirían 63.000 TM/año adicionales de alcohol.

El Perú cuenta con un complejo industrial donde se obtienen productos alcoquímicos tales como ácido acético, acetato de etilo, dicloroetano, cloruro de vinilo y polivinil cloruro.

Otras plantas que emplean etanol como materia prima, han estado operando en Alemania Oriental y en otras regiones del mundo, pero no se han mencionado a menudo, debido a su pequeño tamaño y menor importancia económica.

En Colombia hasta ahora, no se le ha dado la importancia que merece la industria alcoquímica, y se cuenta apenas con una limitada producción de ácido acético y acetatos de etilo, butilo, isobutilo, amilo y sodio, en la Compañía Sucromiles S.A., a niveles de producción inferiores al mercado local.

2. METODOLOGIA

La metodología seguida en este trabajo, se basa fundamentalmente en la elaboración de un diagrama de procesos en el cual partiendo de etanol, se identifican las materias primas y secuencias de reacción, necesarias para la producción de los compuestos químicos intermedios, de demanda comercial en nuestro país.

Con base en este diagrama de procesos, se seleccionaron los rendimientos típicos obtenidos con la tecnología disponible y publicada en la literatura(9-38). Ello permitió calcular para cada secuencia de reacción, las cantidades de materia prima por unidad de producto.

Con el objeto de determinar el tamaño mínimo de planta adecuado para el país, se utilizaron como referencia los datos de importación nacionales de los productos comerciales en el período 1976-1981(39-40), y se tomó el promedio aritmético, como la medida representativa de la demanda actual.

Con base en este promedio, se calcularon los requerimientos de materias primas particularmente alcohol, para la producción de los compuestos químicos comerciales. La sumatoria de los requerimientos de cada compuesto en las diversas aplicaciones, se toma como un primer estimado del orden de magnitud de las capacidades de planta necesarias para satisfacer la demanda nacional actual.

Los precios unitarios de los productos químicos importados puestos en plaza, fueron calculados en cada caso particular partiendo de los precios F.O.B. en Estados Unidos a marzo de 1983 (41) y se les adicionó un estimado de cada uno de los diversos factores de costo, que se presentan en el proceso de importación en el país.

Los precios por unidad de producto de los compuestos químicos que se

producirían en una industria alcohólica autóctona, fueron calculados asumiendo que los costos de materias primas representan un 75o/o del precio comercial estimado, lo cual es típico para las industrias basadas en etanol (42). El 25o/o restante corresponderá a los costos de procesamiento y a las tasas de retorno sobre inversiones y utilidades.

Los precios de las materias primas, fueron estimados al tomar un valor de US\$500/Ton para etanol y considerando los rendimientos de proceso tradicionalmente empleados. En aquellos casos, donde se requieren materias primas diferentes de etanol, se tomaron los precios de importación puestos en plaza.

Como criterio para la clasificación de los compuestos químicos según su potencial factibilidad económica en el país, se tomó un precio diferencial de oportunidad estimado de una planta hipotética que satisficiera la demanda anual del país.

Para cada compuesto se tomó como precio diferencial de oportunidad, la diferencia entre el valor de producto importado y el precio de producción nacional calculado.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La cantidad de productos comerciales en los cuales puede potencialmente participar el alcohol etílico o sus derivados, es muy amplia. Sin em-

bargo, en muchos de ellos la participación por peso, de productos alcoquímicos, es relativamente pequeña, o requeriría el desarrollo simultáneo de otras fuentes de materias primas.

Con el objeto de eliminar restricciones a un posible desarrollo industrial, se seleccionaron aquellos productos comerciales en los cuales el alcohol participa en proporción significativa. Con este criterio se detectaron 12 productos promisorios, los cuales se relacionaron mediante las secuencias de reacción ilustradas en la Figura 1, con base en la tecnología de producción convencional, a escala industrial, que se reporta en la literatura(9-38).

Sobre la figura se han indicado los rendimientos en porcentaje de cada secuencia, los cuales se presentan en la Tabla 1, expresados como relación másica entre la materia prima requerida y el producto comercial obtenido.

Como se observa en la Tabla 1, para la producción de acetato de vinilo y pentaeritritol, se requieren materias primas derivadas no tradicionalmente de etanol como acetileno y formaldehído.

IMPORTACION DE PRODUCTOS

A pesar de existir una producción nacional de tres de los doce productos seleccionados, en el período 1976-1981 se han importado cantidades que

varían entre 42 y 4.000 toneladas, como se ilustra en la Tabla 2*. El butadieno, el acetaldehído, el crotonaldehído y el butiraldehído, no se comercializan para empleo directo como tales, sino que generalmente aparecen en los procesos como reactivos intermedios en plantas productoras de otros compuestos. Por tal razón los niveles de importación son bajos aunque la producción nacional no es apreciable.

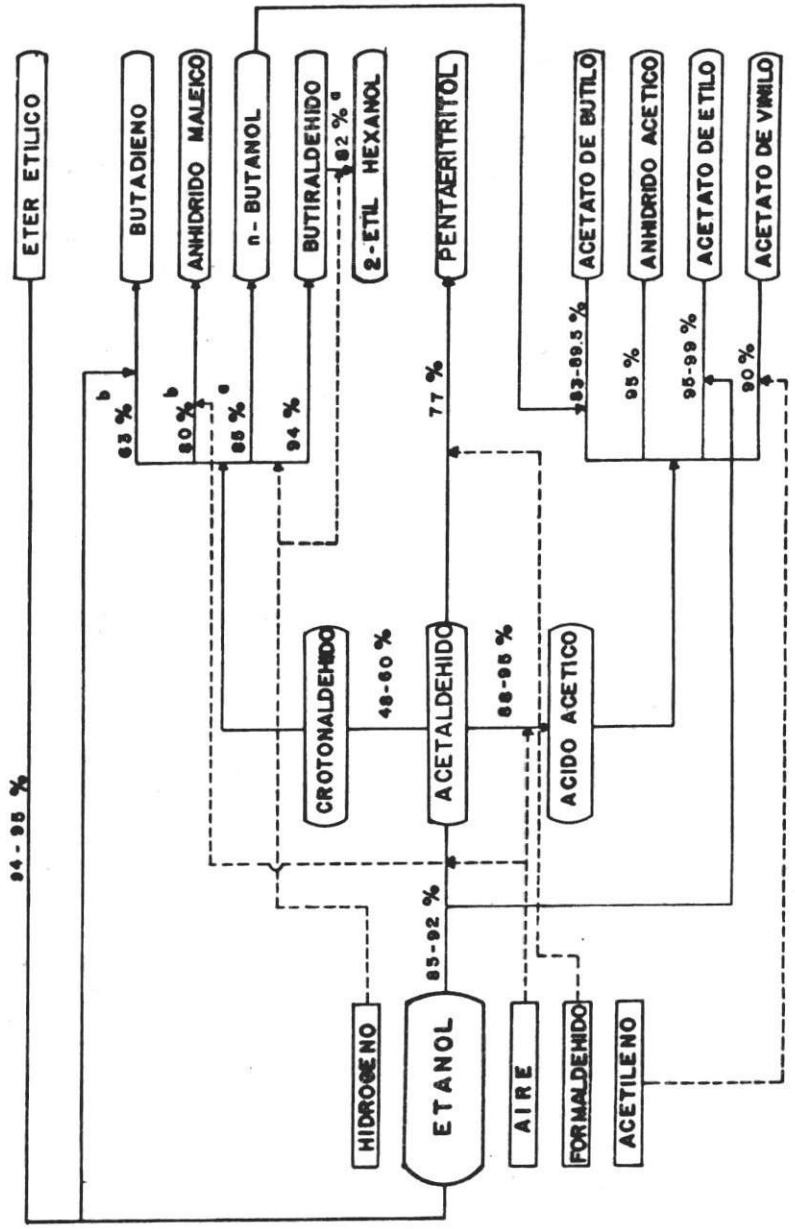
En la tabla 2, se incluyen acetileno y formaldehído, que son materias primas no derivadas tradicionalmente de alcohol.

Se ha encontrado en la bibliografía(5), que el butadieno alcoquímico es considerablemente más caro que el petroquímico, por lo cual las plantas existentes reciben subsidios estatales. A pesar de ser este compuesto indispensable en la producción de cauchos sintéticos, tipo SBR asignados a Colombia dentro del Pacto Andino, los costos de proceso hacen que la ruta alcoquímica esté muy lejos de ser competitiva, frente al butadieno de otras fuentes. Por tal razón, se estimó que mientras no ocurra un avance significativo en la tecnología de producción alcoquímica, debe darse prioridad a los estudios de producción de compuestos más promisorios, motivo por el cual se excluyó del análisis posterior.

Un estimativo de los precios de importación de los productos en considera-

* Las tendencias de importación se ilustran gráficamente en el anexo 1 sustentados en los datos de la Tabla 2.

**FIGURA 1 : DIAGRAMA DE PROCESO DE UNA PLANTA INTEGRADA DE ALCOQUIMICOS.
EFICIENCIAS DE LAS SECUENCIAS DE REACCION**



- (a) Eficiencia con respecto a acetaldehido
- (b) Eficiencia con respecto a Etanol
- (c) Los materiales primos no recuperados se han trazado con líneas punteadas

TABLA 1

MATERIA PRIMA REQUERIDA POR UNIDAD MASA DE PRODUCTO

| PRODUCTO | MATERIA PRIMA | |
|-------------------|---------------|----------|
| | ETANOL | OTROS |
| Anhídrido Maléico | 1.180 | |
| Acetato de Vinilo | 0.678 | 0.325(1) |
| Acetaldehído | 1.185 | |
| Acido Acético | 0.955 | |
| Anhídrido Acético | 1.144 | |
| n-Butil Acetato | 1.690 | |
| n-Butil Alcohol | 1.660 | |
| Etil Acetato | 1.180 | |
| Etil Eter | 1.317 | |
| 2-Etil Hexanol | 1.950 | |
| Pentaeritritol | 0.517 | 1.15 (2) |

(1) Acetileno

(2) Formaldehído

ción se presenta en la Tabla 3, donde se toma el precio F.O.B. en Estados Unidos a marzo de 1983 como representativo del mercado internacional. Los precios CIF en Medellín que se listan en la Tabla 3, fueron calculados tomando en cuenta estimados de todos los factores que intervienen en un proceso típico de importación de productos químicos en el país.

Como se observa en la Tabla 3, el precio de los productos químicos puestos

en el interior del país, es en promedio, el doble del precio internacional.

Es importante destacar que para los productos considerados, la Tabla 3 permite formular un criterio de primera aproximación, en cuanto a la potencialidad de establecer su producción nacional. La manufactura de un producto alcoquímico, es promisoria en el país si su precio estimado de venta es inferior al doble de su precio internacional.

TABLA 2

IMPORTACION DE PRODUCTOS (1976-1981) – EN TONELADAS

| PRODUCTO | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | Promedio 1976-1981 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|
| Anhídrido Maléico | 324.53 | 472.81 | 686.55 | 586.36 | 517.95 | 626.25 | 532.76 |
| Acetato de Vinilo | 3.315.80 | 3.360.97 | 3.850.48 | 4.107.14 | 3.896.65 | 5.626.32 | 4.026.22 |
| Acetaldehído | 0.035 | 0.068 | 0.106 | 0.068 | 0.431 | 0.075 | 0.13 |
| Acido Acético | 10.58 | 5.96 | 7.71 | 14.21 | 11.13 | 19.86 | 11.58 |
| Anhídrido Acético | 170.76 | 326.53 | 332.34 | 425.89 | 262.82 | 212.91 | 288.54 |
| n-Butil Acetato e | | | | | | | |
| Isobutilo | 1.367.42 | 1.112.97 | 1.267.06 | 1.515.94 | 1.646.63 | 1.158.92 | 1.344.82 |
| n-butil alcohol | 652.86 | 401.81 | 1.125.04 | 813.13 | 621.26 | 721.76 | 722.64 |
| Etil Acetato | 8.03 | 16.30 | 101.87 | 0.52 | 0.513 | 0.487 | 42.57 |
| Etil Eter | 53.26 | 183.33 | 291.32 | 792.70 | 677.86 | 1.297.65 | 549.35 |
| 2-Etil Hexanol | 744.09 | 3.277.87 | 2.855.16 | 1.427.16 | 3.623.46 | 2.637.87 | 2.427.60 |
| Pentaeritritol | 456.52 | 244.34 | 352.51 | 382.13 | 263.44 | 449.37 | 358.05 |
| Formaldehído | 1.41 | 4.60 | 3.51 | 5.61 | 1.83 | 2.15 | 3.18 |
| Acetileno | – | 0.26 | 0.58 | 3.58 | – | 7.50 | 1.99 |

FUENTE: Anuario de Comercio Exterior DANE, años 1976–1981.

MANUFACTURA NACIONAL DE PRODUCTOS

Una evaluación económica de los procesos alcoindustriales con tecnología existente disponible, revela que la materia prima representa entre el 65o/o y el 85o/o del precio de venta del producto, incluyendo una tasa de retorno sobre inversión antes del impuesto del 20o/o(5). Al promediar en 75o/o es-

tas cifras, se obtiene una herramienta predictiva de costos de producción nacionales, a partir de los costos estimados de las materias primas requeridas en cada uno de los procesos alcoindustriales en consideración; estos costos de producción nacionales, con sus correspondientes costos estimados de materia prima se presentan en la Tabla 4.

TABLA 3
PRECIOS FOB EN U.S.A. Y PRECIOS CIF EN MEDELLIN
EN US\$/TON

| PRODUCTO | PRECIO FOB EN USA | PRECIO CIF EN MEDELLIN |
|--------------------|-------------------|------------------------|
| Anhídrido Maléico | 1.221.00 | 2.470.74 |
| Acetato de Vinilo | 759.00 | 1.517.60 |
| Acetaldehído | 737.00 | 1.484.76 |
| Acido Acético | 506.00 | 1.072.40 |
| Anhídrido Acético | 902.00 | 1.663.44 |
| n-Butil Acetato | 1.056.00 | 1.960.88 |
| n-Butil Alcohol | 737.00 | 1.484.76 |
| Etil Acetato 99o/o | 924.00 | 1.763.87 |
| Etil Eter | 990.00 | 1.862.37 |
| 2-Etil Hexanol | 836.00 | 1.632.52 |
| Pentaeritritol | 1.562.00 | 2.979.69 |
| Formaldehído | 196.30 | 677.76 |
| Acetileno Negro | 2.112.00 | 3.536.98 |

POTENCIALIDAD DE PRODUCCION NACIONAL

En la presentación de los resultados anteriores, se asumieron costos de producción independientes del tamaño de planta, es decir, no se han tomado en cuenta las características particulares del mercado nacional. Las tecnologías disponibles de esos procesos, son para plantas de 20.000 TM/año a 60.000 TM/año(5). Como se ilustra en la Tabla 5, si se toma el promedio de importación de estos productos en el período 1976-1981, como un indicativo de la demanda nacional, se observa que

ninguno de los productos alcanzaría los mercados suficientes para las capacidades de planta disponibles.

En realidad, se considera que las capacidades presentadas en la Tabla 5 representan sólo estimados mínimos; estas capacidades se incrementarían por factores aproximadamente en el rango de 1 a 5, si se toma en cuenta la influencia que sobre la demanda tiene la disponibilidad de oferta, el crecimiento industrial del país y una potencial ampliación del mercado vía Pacto Andino.

TABLA 4
COSTOS ESTIMADOS DE MATERIA PRIMA
Y DE PRODUCCION NACIONALES
US\$/TON

| PRODUCTO | COSTO DE MATERIA PRIMA | COSTO DE PRODUCCION |
|--------------------|---------------------------|---------------------|
| Anhídrido Maléico | 590.00 | 786.67 |
| Acetato de Vinilo | 1.436.82 | 1.915.76 |
| Acetaldehído | 592.50 | 790.00 |
| Acido Acético | 477.50 | 636.67 |
| Anhídrido Acético | 572.00 | 762.66 |
| n-Butil Acetato | 845.00 | 1.126.67 |
| n-Butil Alcohol | 830.00 | 1.106.67 |
| Etil Acetato 99o/o | 590.00 | 786.67 |
| Etil Eter | 658.25 | 877.67 |
| 2-Etil Hexanol | 977.63 | 1.303.50 |
| Pentaeritritol(1) | 1.100.23 | 1.466.97 |
| Pentaeritritol(2) | 718.50 | 958.00 |

(1) Obtenido con formaldehído importado.

(2) Obtenido con formaldehído producido en el país.

A pesar de lo anterior, es útil considerar, como criterio de potencialidad de manufactura nacional, el producto entre el precio diferencial de oportunidad y la demanda mínima nacional. Esta variable, a la cual se le ha denominado Margen Global de Oportunidad, se toma como la medida de la potencialidad de producción del compuesto. Los resultados de esta clasificación se muestran en la Tabla 6.

Los resultados anteriores plantean dos posibilidades de desarrollo de la alcohímica para el país; la primera de ellas, es utilizar la tecnología disponible, para lo cual es indispensable ampliar el mercado, bien sea por diversificación de la producción nacional o por convenios a nivel del Pacto Andino; la segunda alternativa, es explorar tecnologías de baja escala de producción, posiblemente modulares, que a

TABLA 5
CAPACIDADES ESTIMADAS DE PLANTA
(TON/AÑO)

| PRODUCTO | CAPACIDAD ESTIMADA |
|-------------------|--------------------|
| Anhídrido Maléico | 532.76 |
| Acetato de Vinilo | 4.026.22 |
| Acetaldehído | 10.439.22 |
| Acido Acético | 4.109.74 |
| Anhídrido Acético | 288.54 |
| n-Butil Acetato | 1.344.82 |
| n-Butil Alcohol | 11.043.83 |
| Etil Acetato | 42.57 |
| Etil Eter | 549.35 |
| 2-Etil Hexanol | 2.427.60 |
| Pentaeritritol | 358.05 |
| Etanol | 13.093.70 |

costos competitivos satisfagan la demanda nacional. En la Tabla 6, se observa además que la producción de acetato de vinilo no sería rentable. Si se tiene en cuenta que este producto es el de mayor demanda dentro de los considerados y que a nivel de Grupo Andino no se está produciendo, ni se conocen proyectos con este propósito, es prioritario llevar a cabo estudios sobre su producción, a partir de ácido acético y acetileno obtenidos de recursos naturales propios. En particular, sería conveniente explorar la producción de ácido acético a partir de jugo de caña y especialmente de acetileno, a partir de carbón, ya que dado el alto

costo de esta materia prima, la viabilidad de producción del acetato de vinilo depende en gran parte del costo de aquellos.

Independientemente de que se lleven o no a cabo los acuerdos de integración de mercados tales como el Pacto Andino, el país requiere acentuar la investigación hacia la posibilidad de integrar plantas muy pequeñas y el desarrollo de nuevas aplicaciones para los productos en el mercado nacional.

Se estima que el consumo de alcohol requerido para satisfacer la demanda de productos alcoindustriales en el

TABLA 6
POTENCIALIDAD DE PRODUCCION NACIONAL

| PRODUCTO | PRECIO DIFERENCIAL DE OPORTUNIDAD US\$/TON | MARGEN GLOBAL DE OPORTUNIDAD US\$/AÑO | ORDEN DE PRIORIDAD |
|-------------------|--|---|-----------------------|
| n-Butil Acetato | 834.21 | 1'121.865.63 | 1o |
| Anhídrido Maléico | 1.684.07 | 897.205.13 | 2o |
| 2-Etil Hexanol | 329.02 | 798.728.95 | 3o |
| Pentaeritritol(1) | 1.512.71 | 541.625.81 | 4o |
| Pentaeritritol(2) | 2.021.69 | 723.866.10 | 4o |
| Etil Eter | 984.70 | 540.944.95 | 5o |
| n-Butil Alcohol | 378.09 | 273.224.09 | 6o |
| Anhídrido Acético | 900.77 | 259.909.14 | 7o |
| Etil Acetato | 977.20 | 41.599.55 | 8o |
| Acido Acético | 435.73 | 5.045.75 | 9o |
| Acetaldehído | 694.76 | 90.31 | 10o |
| Acetato de Vinilo | -398.16 | -1'603.079.76 | - |

(1) Obtenido con formaldehído importado.

(2) Obtenido con formaldehído producido en el país.

país, es similar a la que actualmente utiliza la Fábrica de Licores de Antioquia en la producción de licores. Sin embargo, la planta de productos alcoindustriales deberá producir, al menos, nueve de esos productos, simultáneamente, con lo cual se llega al concepto de plantas piloto integradas, como la estructura interna más recomendable para esa planta.

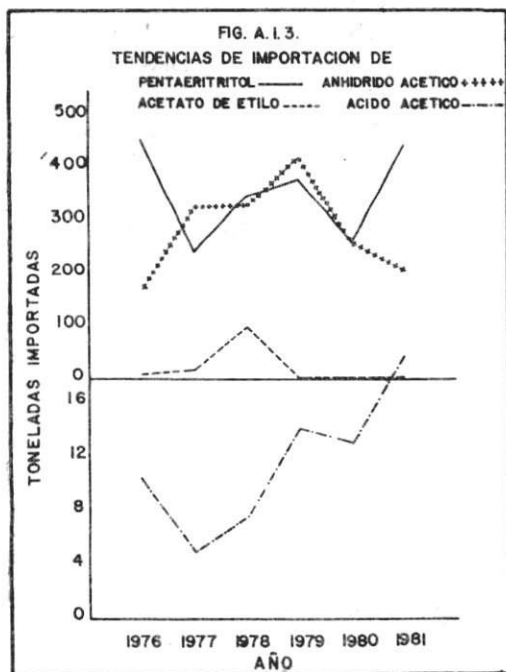
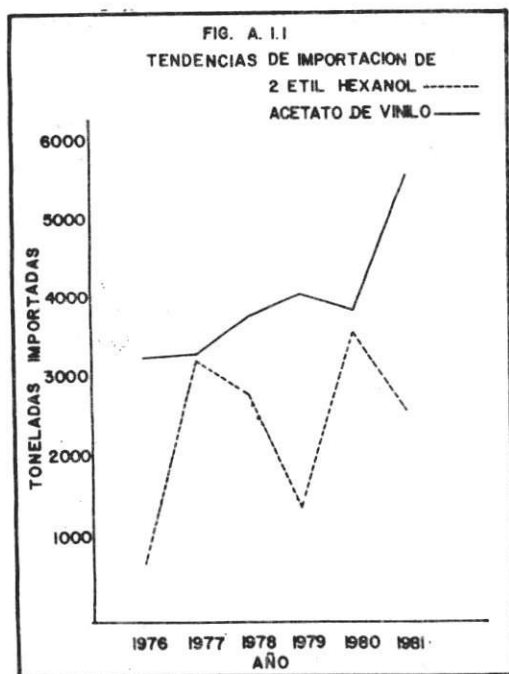
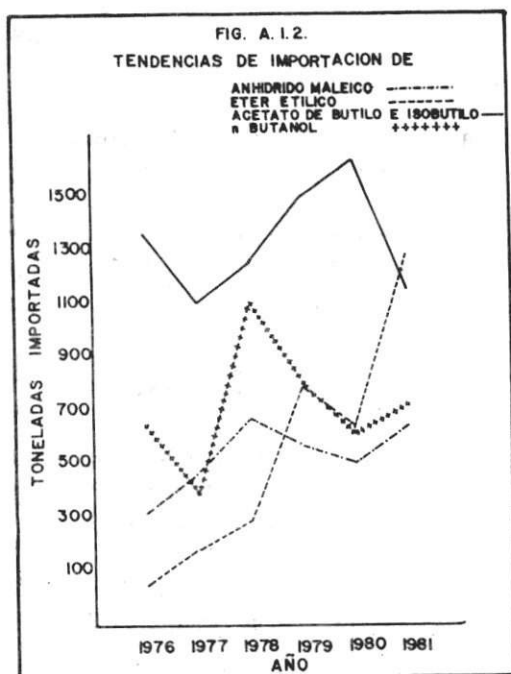
Se estima que de las alternativas planteadas, es esta última la que ofrece menos dificultad y una potencialidad mayor de éxito. Las plantas piloto compradas aisladamente, podrían integrarse para configurar un complejo alcoquímico a pequeña escala, cuya integración y versatilidad serían los elementos que contrarrestarían las economías de escala, presentes en la tecnología alcoquímica tradicional.

Si el país adopta esta tecnología, podría expandirse paulatinamente a otras regiones, a medida que la demanda del mercado así lo exija.

4. CONCLUSION

Debido a limitaciones de mercado para los productos alcoindustriales considerados, es necesario realizar una integración, bien sea de mercados a nivel de Pacto Andino, o de procesos a escala de planta piloto. Si ello se logra, es altamente probable que una planta opere con rentabilidad económica en el país.

ANEXO - FIGURAS



BIBLIOGRAFIA

1. Junta del Acuerdo de Cartagena. "Evaluación petroquímica del Pacto Andino, 1975-1978". Lima, Perú.
2. Hernández S., Gildardo. Alcoindustria: es importante su desarrollo para Colombia? Rev. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Vol. 1, No. 1, pp.37-56, 1984.
3. Winter, Olaf and Eng, Meng-Teck. Make wthylene from ethanol. Hydrocarbon processing. Nov'1976, p.125.
4. Colmenares, Jaime y Rendón, Juan. Agroquímica, Carboquímica, Petroquímica, un programa de desarrollo integral. Sucromiles S.A. X Congreso Colombiano de Ingeniería Química, agosto 1977.
5. Ribeiro Filho, Francisco A. The Ethanol-Chemical Industry in Brazil. Petroquisa, GETEC, Río de Janeiro, 1979, pp.28-29.
6. Ibid, p.10.
7. Winter and Eng, op. cit., p.126.
8. Venkiteswaran, S.L. Ethyl Alcohol for Chemical Industries— A fresh appraisal. Chemical Industry Development, Inc. C.P. & E., august 1974.
9. Venkiteswaran, S.L. Analysis of the scope for alcohol-based chemicals. Chemical Industry Development, Inc. C.P. & E., november 1975.
10. Ribeiro, op. cit., pp.4-73.
11. Kirk Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 8, pp.480-481.
12. Ibid, pp.393-396.
13. Ibid, Vol. 1, p.85.
14. Ibid, Vol. 21, p.321.
15. Ibid, Vol. 3, p.826.
16. Ibid, p.871.
17. Ibid, Vol. 8, pp.409-410.

18. Peters, M.S.; Quinn, J.A. Pentaerithritol. Production Yields, Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 47, sept. 1955, pp.1710-1713.
19. Cornils, Boy; Muller Alexander. 2 Ethyl-Hexanol: What you should know. Hydrocarbon Processing, Int. Ed. 1980, Vol. 59, No. 11, pp.93-102.
20. Patlasov, V.P.; Balashov, M.I.; Chaschin, A.M.; Sirafinov, L.A.; Bomshtein, A.L. Ethyl Acetate (Central Scientific-Research and Design Institute of the Wood Chemical Industry, Moscow Institute of Steel and Alloys). U.R.S.S. 857,109 (C1.C07669/14), 07 aug' 1981, Appl. 2,7,99,527, 17 jul'1979. Chemical Abstracts. Vol. 45 203363e.
21. Thakor, H.P.; Puranik, S.A.; Kher, M.G. Valor Phase Catalytic Esterification of n-Butyl Alcohol with Acetic Acid to n-Butyl Acetate in a fluidized bed. Fluid. Ses Appl., C-R. Congr. Int. 1973 (Pub. 1974). 615-27. Ed. Cedapues-Toulouse, Fr. Chem. Abst. V.87, 22303Z.
22. Cooke, Norman Curtis; Yeomans Bertram Co-Production of Ethyl Acetate and Butyl Acetate, Brit. 1,394,651. (C1.C07C), may 21, 1975, Appl. 1742/73, jan'1973, 6 pp. Chem. Abst. V.83. 96457S.
23. Austin, George T. Industrially significant organic chemicals. Chem. Eng. (N.Y.), 1974, Vol. 81, No. 8, pp.86-90.
24. Ibid, Vol. 81, No. 4, pp.125-8.
25. Ibid, Vol. 81, No. 2, pp.127-32.
26. Ibid, Vol. 81, No. 6, pp.87-92.
27. Pape, Richard F.; Bawer, Leonhard; Damitriu, Ion; Dan, Ludmil; Par, Bujor; Coanda, Liliana. Continuos Manufacture of Acetic Ester. Rom. 55, 369. (C1.C07c), march 30 1973, Appl. 68,290, sep'27, 1971; 3 pp. Chemical Abstracts, Vol. 80, p.59.489.
28. Kanti, Bhattacharjee, Mrinal. Alcohol based plants in the chemical industry. Chemical Age of India, Vol. 25, No. 12, december 1974, pp.975-76.
29. Nagarajan, V. Kinetics of a complex reaction system-preparation of n-butanol from ethanol in one step. Indian Journal of Technology, Vol. 9, october'1971, pp.380-386.
30. ———; Kuloor, N.R. Catalytic preparation of n-butanol from ethanol in one step. Indian Journal of Technology, Vol. 4, february 1966, pp.46-54.

31. ECN Petrochemicals'79 Supplement. Ethanol chemistry to be or not to be. Dec'17, 1979, pp.40-43.
32. Venugopal, B.; Kumar, R.; Kuloor, N.R. Design of a static bed reactor for the production of acetaldehyde from alcohol. Indian Journ. Technol., Vol. 4, july 1966, pp.205-208.
33. Franckaerts, J.; Froment, G.F. Kinetic study of the dehydrogenation of ethanol. Chemical Engineering Science, 1964, Vol. 19, pp.807-818.
34. Faith, Lawrence W.; Keyes, D.B. Catalytic Partial Oxidation of Alcohol in the Vapor Phase III. Industrial and Engineering Chemistry, Vol. 23, No. 11, pp.1250-1253.
35. Piloso, A.; Moresi, M.; Mustachi, C.; Soracco, B. Kinetics of the dehydrogenation of Ethanol to Acetaldehyde on Unsupported catalysts. The Canadian Journal of Chemical Engineering, Vol. 57, april 1979, pp.159-164.
36. Montoya, Mauricio; Hernández S., Gildardo; Montes de C., Consuelo. Acetaldehído, Monografía, Universidad de Antioquia-CESET, 1981.
37. Veryard, K.J. Oxidation of Alcohol. London 902,368. (C1 C07C), august 1, 1962, Appl, 32224,59, sept'22, 1959, pp.6.
38. Fabricación de Acetaldehído a partir del Etanol. Universidad de Antioquia-CESET, (Documento No. 428 AI).
39. DANE. Anuario de Comercio Exterior. Tomos XXVI-XXXI, 1976-1981.
40. Ibarra Merlano, Gustavo. Nuevo Arancel de Aduanas. Publicación de Legislación Económica, 1982.
41. Schnell Publishing Company Inc. Chemical Marketing Reporter, marzo 28/83. (U.S.A.).
42. Ribeiro, op. cit., pp.53-66.