

112

24/11/94

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**ANALISIS DE LA APLICACION DEL ETIL
TERBUTIL ETER EN LA
INDUSTRIA QUIMICA MEXICANA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

MIGUEL ROJAS MENDOZA

PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO QUIMICO

MEXICO, D.F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente : Eduardo Rojo y de Regil
Vocal: José Francisco Guerra Recasens
Secretario: Silvia Castillo Blum
1er. Suplente: Ernesto Pérez Santana
2do. Suplente: Domingo Alarcon Ortiz



Sitio donde se desarrollo el tema:
Celanese Mexicana, S.A.
División Química
Departamento de Planeación y Mercadotecnia.
Av. Revolución # 1425, Colonia Tlacopac
Delegación Alvaro Obregón D.F., C.P. 01040

Asesor

Doctora Silvia Castillo Blum

Sustentante

Miguel Rojas Mendoza

*ESTE TRABAJO SE DEDICA A LAS DOS UNICAS PERSONAS CUYOS CABELLOS GRISES,
SIN LUGARA A DUDAS, YO HE SIDO UNO DE LOS PRINCIPALES CAUSANTES*

A MARIA ISABEL MENDOZA HERRERA

Y A MIGUEL ROJAS LAGUNA

.....MIS PADRES

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo y mucha de mi vida profesional se han podido desarrollar gracias a la ayuda de mi amigo, el ingeniero químico Sergio Artiñano Acosta, de él se pueden contar muchas historias de sus hazañas como profesional, sin embargo es una lástima que la mayoría de estas sean confidenciales y sólo unos pocos afortunados pueden disfrutar de sus conocimientos.

Su visión y creatividad son reconocidas por sus jefes, sus amigos y hasta por las gentes que no le aprecian, por lo mismo aparte de sentirme afortunado de haber trabajado bajo su tutela, tengo que decirle que sus acciones para el autor son impagables.

La Doctora E. Silvia Castillo Blum, quien funge como mi tutora de tesis, ha sido para mí un profesor y una amiga inestimable en los momentos más difíciles de este trabajo y de mi vida personal, su guía paciente y profesional han convertido lo que daba la impresión de imposible, lo transformaba en un sólo un instante de trabajo.

En el tiempo que duró mi estancia en Celanese Mexicana, S.A., tuve la oportunidad de disfrutar del trabajo y la simpatía de muchas personas que hicieron de esta experiencia llena de momentos emotivos y de un aprendizaje que ni en los sueños más agradables me hubiese imaginado.

Para empezar le debo un reconocimiento a el ingeniero químico Eduardo Hernández Pérez, con quién estuve a su cargo casi la mayoría del tiempo. Innovador, con profundos conocimientos científicos me guio por los oscuros caminos de la planeación estratégica en empresas industriales con la luz de su profundo pensamiento abstracto y su amistad.

De mis compañeros de departamento de planeación no puede dejar de nombrar a el M en A. Jorge Erik de Jesús Anaya Izquierdo, al ingeniero químico Adalberto Morones Lara y al ingeniero químico Pedro Enrique Robles Guzmán con quienes vis a vis hicimos un trabajo de calidad mundial y de certificación ISO-9000. No puede dejar de nombrar y agradecer igualmente a el ingeniero químico Tomás Beamonte Cisneros quien siempre tuvo confianza en mí, adicionalmente quiero expresar mi agradecimiento al ingeniero químico Carlos García Conde que me permitió disfrutar de su calidad humana y de compartir su excelente conocimiento de la "ingeniería química pura" y a el ingeniero químico Alejandro DeGyves Cazares quien me apoyo incondicionalmente en una etapa muy difícil.

En departamento comercial de la División Química de Celanese Mexicana, S.A., siempre me sentí como en casa por la simpatía y confianza que se me profesaba, no puede empezar este parrafo sin dejar de agradecer al ingeniero químico

Industrial Héctor Paulo Revueltas, director del departamento quién soporto estoicamente la presencia de los miembros del departamento y sobre todo de mí. Permitiendo de esta manera poder realizar nuestro trabajo, además su percepción sobre nuestros logros nos dio confianza y nos hizo continuamente superarnos.

De los gerentes con los que desarrolle proyectos, quiero agradecer a el ingeniero químico Roberto Sánchez con quien trabaje en Resinas Sintéticas y al ingeniero químico José Luis Galicia Nuñez en plastificantes y alcoholes oxo, su paciencia para contestar mis preguntas mal formuladas fue un gesto agradable de amistad.

De los demás gerentes comerciales, químico Raúl Martínez, ingeniero químico Carlos Domínguez, el ingeniero químico Miguel Angel Cedillo, sólo tengo palabras de agradecimiento por su amistad y por toda la información que siempre estuvieron dispuestos a proporcionar, el ingeniero Paulo y sus gerentes siempre fueron la prueba máxima a la que se sometieron mis disparatadas ideas y mi modesto trabajo.

Finalmente no puedo dejar de nombrar al Dr. Jorge F. Cervantes Borja, quién con su logística en la época del ajuste estructural de la economía, me permitió lograr que este trabajo se terminase de manera feliz.

Para todos los demás que olvido de manera involuntaria gracias por su esfuerzo de volver un modesto trabajo en algo más importante.

INDICE

- i Objetivos del Trabajo
- ii Prefacio

1 Introducción

- 1.0 Biotecnología Internacional
- 1.1 Fuerzas y Debilidades de la Biotecnología Internacional
- 1.2 Aspectos más importantes de la competitividad de la Industria Biotecnológica Internacional
- 1.3 Antecedentes de la Biotecnología en México
- 1.4 Escenario histórico de la Industria Química Internacional
- 1.5 Escenario histórico de la Industria Química Mexicana
- 1.6 Competitividad Internacional y Comercio regional: el caso del NAFTA
- 1.7 Posibles estrategias a futuro para la Industria Química Mexicana

2 Definición del problema

- 2.0 La contaminación del aire
 - 2.1 Tipos de contaminantes en el aire
 - 2.2 Química de los contaminantes gaseosos en gasolinas
 - 2.3 Convertidor Catalítico en gasolinas
 - 2.4 El dióxido de carbono
 - 2.5 Ciclo Geoquímico del Carbón
 - 2.6 Implicaciones políticas y económicas de las regulaciones ambientales
 - 2.7 La gasolina

- 2.8 Desarrollo histórico de la gasolina como un producto de consumo
- 2.9 Características del mercado de Norteamérica
- 2.10 Diferenciación de Mercado: El caso de PEMEX
- 2.11 Mercado de Europa Occidental
- 2.12 Mercado japonés
- 2.13 Definición del problema: El negocio de la contaminación del aire en México
- 2.14 Conclusiones de las tendencias en el negocio de las gasolinas

3. Análisis de la Industria Azucarera Mexicana

- 3.0 Industria Azucarera Mexicana: Panorama actual del mercado doméstico
- 3.1 Situación social y tecnológica
- 3.2 Desarrollo e importancia histórica
- 3.3 La primera competencia: La revolución verde
- 3.4 Factores de la Industria
- 3.5 El mercado internacional del azúcar
- 3.6 Competencia de otros productos sucedáneos
- 3.9 Fructuosa de maíz
- 3.10 Aspartame: nuevo producto con crecimiento de dos dígitos en México
- 3.11 Otros sucedáneos

4. Manufactura de Etil-terbútil- éter en México

- 4.0 Competencia entre metanol y etanol para compuestos oxigenados en gasolinas
- 4.1 Características del Metanol
- 4.2 Estrategia en el comercio del Metanol
- 4.3 Características del MTBE
- 4.4 Comercialización del MTBE en México
- 4.5 Etanol, su perspectiva histórica

4.6 Etanol en México

4.7 Características propias del ETBE

4.8 Consecuencias de reorientar la industria azucarera

4.9 Consecuencias para PEMEX de contar con ETBE

4.10 Obstáculos para lograr la manufactura del ETBE

4.11 Producción potencial de ETBE en México

5 Posibilidades a futuro del etil-terbutil-éter en la región norteamericana

5.0 Competencia internacional y regional

5.1 Futuras regulaciones ecológicas y su impacto en la formulación de nuevas gasolinas

5.2 Papel de la Biotecnología en la disponibilidad de ETBE en Norteamérica

5.3 Posible estructura de la industria

5.4 PEMEX y ETBE, un escenario final hacia 1998

6 Conclusiones y recomendaciones

7 Bibliografía

PREFACIO

- Origen de la tesis -

Durante el verano de 1989, mientras se discutían las estrategias que deberían ser usadas para reordenar a Celenase Mexicana a las cada vez más cambiantes necesidades de clientes y de productos en el negocio de productos químicos, el grupo de planeación y mercadotecnia al cuál el autor pertenecía, se planteó varias interrogantes a ser desarrolladas en base a las siguientes premisas del entorno externo de la empresa.

- En ese momento se estaba dando lo que en el extranjero y en México se ha dado en llamarse "la apartura", que obliga a todos los productores de petroquímicos y sus derivados mexicanos a un cambio cognoscitivo en la forma que habían trabajado en los últimos treinta años.
- PEMEX en ese mismo verano cambió el concepto legal mismo de "petroquímico" y dejaba el camino abierto para muchas experimentaciones financieras-administrativas-tecnológicas.
- El mercado internacional de petroquímicos en 1989 llega al máximo de un ciclo económico y a partir de ese momento se empezó a observar una desaceleración económica que culminaría con la recesión económica de los países occidentales en 1991 y en México en 1993.
- En 1989, también entran en operación las nuevas enmiendas del *Clean Air Act* de la *Environmental Protection Agency* (EPA) de los Estados Unidos de América, llevando a una culminación de tipo legal el trabajo de una década de ambientalistas de ese país, cambiando para siempre el concepto de medio ambiente e industria petroquímica y volviendo la fuerza conductora no financiera por excelencia.
- Todavía en México durante 1989, el concepto de cliente de nuestros clientes, "el consumidor final", era un personaje lejano del cuál sus tendencias y actitudes importaban poco puesto que los productos de cualquier compañía petroquímica mexicana, "eran commodities".

Para cumplir con el trabajo de analizar este entorno, al autor se le encomendó aprender a observar y entender todos los movimientos de la industria petroquímica mundial en el área de petroquímica secundaria de acetilos, acrilatos, alcoholes oxo y solventes. Para cumplir con este

trabajo se empezaron a observar a ciertos mercados con detenimiento, en especial al del metanol.

El metanol, entonces se volvió una obsesión personal, producto químico con el que se fabrican muchos de las líneas de producto en Celanese Mexicana, era en ese momento un producto considerado apenas un poco más que el petróleo, con sobrecapacidad, baja rentabilidad y numerosas plantas cerradas; poseía un historial difícil como producto de utilidad financiera debido a estrategias equivocadas de fines de los años 70. A partir de este momento y catapultado por las medidas de la EPA, el metanol saltó de la sobrecapacidad al desabasto en tan sólo seis meses, gracias a la necesidad de fabricar Metil terbutil éter (MTBE) para las nuevas formulaciones de gasolina.

Por esos momentos también analizaba informes confidenciales y de carácter público sobre uno de los proveedores de Celanese Mexicana, Azúcar S.A., esta compañía la única productora de etanol y azúcar de México pasaba por una etapa de abierta bancarota que obligó al gobierno mexicano a vender los ingentos azucareros que poseía, uno por uno, durante 1989 y 1990.

También durante ese verano, analicé el papel de la biotecnología en el futuro de muchas industrias incluyendo la industria petroquímica. Sin embargo los informes recurrentemente eludían conceptualizar los logros de esta ciencia dentro del esquema de estrategias para el desarrollo de nuevos productos.

Como una de las funciones que ejercía el autor era la búsqueda de oportunidades de negocio a donde quiera que estas se formaran y ante la necesidad de formular un trabajo de tesis decidí seguirle la pista a las gasolinas reformuladas bajo los siguientes argumentos:

- El metanol era un producto clave para el análisis del portafolio de productos de Celanese Mexicana y era un producto clave de los competidores de la organización a la que pertenecía.
- Las gasolinas eran un negocio en el que Celanese Mexicana no estaba interesada en el momento en el que empecé la investigación y que tampoco lo estuvo cuando deje de pertenecer a esta organización.
- La biotecnología siempre ha sido observada como una ventana de oportunidad en esta organización, sin embargo los costos de oportunidad son la principal barrera de entrada, dado que los proyectos tardan demasiado en ser aprobados.

Prefacio

- Las publicaciones que realizaban los científicos mexicanos, y que se analizarán en el trabajo no hablaban de la industria petroquímica mexicana en la que yo trabajaba y en la que sabía, existen grandes oportunidades de negocio.

Por lo tanto, al tener material de trabajo para llevar a cabo el proyecto de tesis y la enorme necesidad de tener al metanol bajo permanente vigilancia decidí realizar el proyecto bajo la aprobación de mi jefe directo.

El trasfondo del trabajo es demostrar que sí existen oportunidades de negocio para productos de origen biotecnológico en la industria petroquímica mexicana e Internacional y que muchas veces no sólo es necesario la habilidad científica sino que además, junto con las habilidades de la planeación estratégica y la mercadotecnia se pueden lograr nuevos productos con un mercado virtualmente virgen.

Para esto escogí al Etil terbutil éter (ETBE) como producto, dado que a partir de 1990, del más completo anonimato, salió a la luz como el producto estrella de la compañía líder de la tecnología de fabricación del MTBE, UOP Inc. Desde ese momento, hasta 1992 en que se empezó a fabricar ha levantado un número de polémicas sobre la factibilidad de que mantenga un nivel adecuado de rentabilidad y sobre qué papel puede jugar en el combate de la contaminación ambiental.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

- i.** Señalar las ventajas comerciales y tecnológicas de introducir un proceso biotecnológico para la obtención de un compuesto oxigenado, el etil terbutil éter, como aditivo de las gasolinas.
- ii.** Analizar la situación económica de la industria química mexicana, particularmente aquélla relacionada con el segmento de las gasolinas.
- iii.** Presentar el negocio del etil terbutil éter para la industria azucarera en México, en base a un concepto de uso híbrido de la tecnología convencional y biotecnología.
- iv.** Describir el segmento de mercado donde es susceptible de introducir el producto etil terbutil éter y las perspectivas de este negocio a la vista de las nuevas tendencias en regulación ambiental en norteamérica.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.0 Biotecnología Internacional

Biotecnología es un término genérico que abarca varias técnicas de manipulaciones de células o partículas para sintetizar o transformar diferentes materiales o sustancias. Quizá su definición más aceptada sea la que se refiere "a la utilización de procesos biológicos que utilizan células microbianas o de vegetales y animales, para la producción de bienes o servicios, tanto industriales como de consumo"¹.

Actualmente se presenta como un campo muy versátil de la actividad científica con nuevas posibilidades en áreas de mucha rentabilidad económica, dadas, tanto las herramientas de que dispone como las técnicas recién elaboradas; entre éstas cabe mencionar la genética recombinante, el cultivo de tejidos y el desarrollo de la cinética enzimática². Sus principales campos de influencia son la agricultura, la industria farmacéutica, la energía y en menor medida, la extracción de minerales y la electrónica. Si bien a largo plazo se prevee que el efecto principal de la biotecnología se dará en la agroindustria³, en la actualidad los esfuerzos industriales se han orientado hacia el segmento de la salud (humana y animal).

La globalización de la industria química se puede explicar por la necesidad de mejorar la economía de escala de las empresas. La investigación en este caso es crucial por su papel en la diferenciación competitiva. De esta manera, la globalización tiene dos facetas, por un lado la

¹ Ambas referencias coinciden tanto Paredes L.O., "Retos y Oportunidades de la Biotecnología Agroalimentaria", Comercio Exterior, 40, (12), 1143-1152 que es investigador en jefe del CINVESTAV-Irapuato, y la U.S. Congress, Office of Technology Assessment (US OTA), "Summary: Commercial Biotechnology, An International Analysis", Washington, D.C., January 1984. encargada de los asuntos tecnológicos y científicos del congreso de los E.U.A.

² Dos fuentes fáciles de entender estas tecnologías pueden ser Kachaturians G.G., Curdy A.R., "Biotechnology: Applications of Genes of Food Production", Marcel Dekker Inc., New York 1987 y Sheldom R.A., "Industrial Synthesis of Chiral Compounds", *Specialty Chemical*, Febrero de 1990, 30-45

³ Dos investigadores mexicanos, Galindo F.E., "Biotecnología : oportunidades y amenazas", *Ciencia y Desarrollo*, XIV, (80), 21-40 y Paredes L. O., "Pasado, presente y futuro de la biotecnología azteca", *Ciencia y Desarrollo*, XIX, (112), 34-45, hablan más sobre este tema

expansión de la presencia comercial de manera regional y después por el otro, la firma de acuerdos de cooperación entre compañías.

Los segmentos más tradicionales de la industria química⁴ (petroquímica, fibras textiles y plásticos a granel) se considera que se encuentran en la etapa de madurez. Específicamente su producción, adolece de sobrecapacidad y competencia de sucedáneos más baratos. Esto obliga a poseer grandes economías de escala, tanto para absorber los aumentos de materias primas, como para detener el crecimiento de sucedáneos. Dichos factores conducen a estos segmentos a tener un comportamiento comercial cíclico.

En cambio en los sectores de fuerte crecimiento como el farmacéutico, las fuerzas conductora de crecimiento son algo diferentes⁵. Si bien es cierto que estos sectores son más rentables, el aumento de costos de investigación y desarrollo, más los de comercialización y la necesidad de estar presente en todos los mercados, junto con la feroz competencia, están transformando rápidamente este tipo de organización.

A fin de encarar este desafío las empresas químicas, en particular las europeas, están implantando una estrategia que les permita tener un mayor grado de libertad y se están enfocando hacia nichos de mercado y a su vez se retiran de otras actividades más generales⁶.

El mercado de la salud, por ejemplo, se está caracterizando por un fenómeno de concentración industrial. De esta manera en los últimos 10 años se han dado un número importante de fusiones, Smithkline (EUA) con Beecham (GB), Novo (Dinamarca) con Nordisk Gentofte (Dinamarca), Bistol-Mayers (EUA) con Squibb (EUA), Procordia (Suecia) con Volvo Pharma (Suecia), Merrel Dow Pharmaceuticals (EUA) con Marion Laboratories (EUA), Du Pont Health Division (EUA) con Merck (EUA), Sanofi (Francia) con Sterling Drug (EUA) y finalmente

⁴ Se pueden consultar cientos de publicaciones sobre el tema, así por ejemplo para este trabajo se utilizó el Weekly Methanol Market Report y el Chemical Marketing Reporter, que ofrecen periódicamente comportamientos de productos como el DMT (fibra poliéster), gas natural (petroquímica) y ácido acético (polímeros sintéticos), todos relacionados con el metanol.

⁵ Porter M. E., "The Competitive Advantage of Nations", The Free Press Inc., New York 1990 hace un estudio sobre las ventajas competitivas de la industria farmacéutica en el mundo occidental en su faceta nacional.

⁶ Un ejemplo es Monsanto Co, que vendió su tecnología de fabricación de ácido acético a BP Chemicals y que en cambio se enfocó fuertemente hacia la biotecnología agrícola, Haggin J., "Monsanto uses Genetic Engineering To Solve Agricultural Problems", Chem. Eng. News, Febrero 15, 1988, 30-35

Rhône- Poulanc Santé (Francia) con Rorer (EUA)⁷.

Como ya se ha explicado, la principal ventaja competitiva es la diferenciación tecnológica y científica de las empresas de esta industria para hacer frente a la competencia, así se invierte en los nuevos métodos y en la adquisición de nuevas técnicas de fabricación.

Estos factores externos han creado dos tendencias. Por un lado, la competencia es mundial o muy concentrada donde un grupo de compañías americanas, europeas y japonesas poseen la fuerza financiera para imponer sus estrategias. Por otro lado la práctica de empresas de "salvamentos de arranques" (tipo de estructura intermediaria donde interaccionan las empresas privadas y las universidades, desarrollada inicialmente en los Estados Unidos con los investigadores más importantes a fin de explotar comercialmente las por las empresas de diferentes nacionalidades y la firma de acuerdos internacionales que empujan la globalización de las estructuras de investigación y desarrollo)⁸. Esta estrategia de globalización permite acelerar el desarrollo de productos. No obstante, aparece una incertidumbre: no se sabe si esta es la mejor forma de innovar nuevos productos (obligación en ciertos sectores de "alta tecnología" como lo es el sector farmacéutico)⁹ de aquí que la compañía tienda hacia un proceso de globalización o bien a la inversa crea un número de productos nuevos para crear una segmentación como su nueva ventaja competitiva.

Paralelamente, la importancia implícita de la investigación y desarrollo se amplifica en la medida en que los recursos para hacer nuevos productos pueden superar las regulaciones de las instituciones públicas. En la actualidad, las empresas conducen sus esfuerzos para lograr integrar a la investigación dentro de los tiempos de comercialización y que cumplan con el proceso de productividad de la TQM (gestión de calidad total, por sus siglas en inglés).

⁷ Además de Porter M. E., loc. cit., existen referencias más técnicas por ejemplo Baum R.M., "Biotech Industry Moving Pharmaceutical Products to Market", *Chem. Eng. News* Julio 20 de 1987, 11-31 y Samaniego L., Du Grant C., "Les Stratégies de la Chimie Européenne: les bouleversements dus aux biotechnologies", *La Recherche*, 22, 1104-1119

⁸ Esta idea creció debido a que las grandes corporaciones veían a mediados de los años 80 a la biotecnología como una novedosa herramienta de investigación, no como una forma novedosa de crear nuevos productos.

⁹ Este procedimiento se aprobó con el nombre de National Cooperative Research Act en 1984 y a sido ampliamente estudiada desde un punto legal, Evan M. W., "Oik P.: R&D Consortia: A New U.S. Organizational Form" *Sloan Management Review*, 31, (3), 37-45

En este sentido el papel de servicio público del estado ha cambiado fuertemente en los últimos años, dado que muchos estados occidentales o de los tigres asiáticos están dedicados fuertemente en la investigación (financiando la investigación básica, subsidiando a investigaciones industriales, protegiendo la propiedad industrial) e involucrados en la fijación de normas sobre métodos de trabajo (agencias del medio ambiente, organismos de normalización, agencias de autorización de ventas de productos como la *Food and Drug Administration* del gobierno de los Estados Unidos).

La importancia del estado en el control de las biotecnologías tiene un doble efecto, por un lado, le facilita su ingerencia en cada una de las etapas de la cadena productiva y estimula la innovación; por otra parte, en el aspecto del control de la contaminación del medio ambiente y el ahorro de energía que se han convertido en las fuerzas conductoras del mercado. Así el estado puede proteger a la población y permitir una armoniosa competencia industrial.

1.1. FUERZAS Y OPORTUNIDADES DE LA BIOTECNOLOGÍA INTERNACIONAL

La biotecnología ha sido segmentada tecnológicamente en tres generaciones basadas en la técnica que se emplea para producir un producto. Existen cuatro técnicas básicas de uso común en la biotecnología: selección (principalmente de microorganismos), tecnologías de fermentación, uso de agentes biológicos inmovilizados y el Downstream processing (que son los métodos de purificación a la salida de los reactores).

A la fecha, se producen comercialmente alrededor de 200 productos por medios biotecnológicos. El grueso de la industria biotecnológica en operación usa ampliamente las cuatro técnicas descritas en el párrafo anterior.¹²

Probablemente la fermentación alcohólica sea el ejemplo más típico de la biotecnología que se ha denominado de "primera" y "segunda" generación. Los logros de las biotecnologías de "primera" y "segunda" generación son cuantiosos. Las bebidas alcohólicas y los alimentos fermentados (yogurt, quesos, etc.) son industrias importantes en cualquier sociedad. Los

¹² Galardo, *loc cit*

antibióticos permiten evitar muchas muertes y facilitan el tratamiento de diversas enfermedades infecciosas. Los aminoácidos permiten incrementar el valor nutricional de los forrajes. Las enzimas están revolucionando la catálisis, se han producido más y mejores productos para casi todo tipos de industrias,¹¹ y las vacunas, toxoides y antígenos obtenidos mediante biotecnologías contribuyen a disminuir la mortalidad y morbilidad de la población.

La nueva biotecnología de "tercera generación", ya ha tenido logros específicos, aunque todavía no son comparables, en términos económicos, a los de la "primera" y de la "segunda" generación. Desde luego, se trata de una industria en gestación que se inició apenas hace una década.

En el mercado existe un número limitado de productos obtenidos por medio del ADN recombinante: la insulina humana, la hormona del crecimiento, los interferones y la vacuna del hepatitis.¹² En vista que la actividad industrial es intensa, se espera que muchos más productos salgan al mercado antes de fin de siglo. Ya se han probado anticongelantes biológicos¹³; se han generado plantas resistentes a ciertos herbicidas¹⁴, y se ha logrado la clonación de algunas enzimas como la subtilizina, por mencionar algunos ejemplos. Algunas de las consideradas las "grandes metas" de la ingeniería genética incluyen el desarrollo de plantas autofertilizadas y resistentes.

En el campo de cultivo de tejidos se encuentran ya en el mercado variedades de tomate y zanahoria, con características superiores, desarrolladas mediante variación semiclonal. También se encuentran disponibles semillas artificiales, que permiten garantizar uniformidad tanto en la calidad del producto como en la calidad de las cosechas, además de una calidad en el cultivo. Las posibilidades de estas técnicas son muy vastas.

¹¹ Un ejemplo que ha vivido el autor es en la industria de los detergentes no fosfatados y biodegradables, Thayer A.M. "Soaps & Detergents: suppliers expect market to expand this year", *Chem. Eng. News*, Enero 25 de 1993, 26-47; Mullin R., "Soaps & Detergents: New Generation of Compacts", *Chemical Week*, Enero 27 de 1993, 28-30. "Detergents Fundamentals Seminar", Septiembre 14 de 1990, Irving Texas, CSMA

¹² Todos productos médicos

¹³ Cepas transformadas de *Pseudomonas striagae*

¹⁴ El tabaco a la triazina, por ejemplo

1.2. ASPECTOS MAS IMPORTANTES DE LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA BIOTECNOLOGICA INTERNACIONAL

Desde el punto de vista económico los de mayor valor en la actualidad son la primera y la segunda generación, pero la tercera ofrece grandes posibilidades dado que es denominada una tecnología con orientación farmacéutica.

Para que una compañía con proyectos de biotecnología tenga éxito, no sólo en la Investigación y Desarrollo (I y D), sino también en el desarrollo de una posición competitiva¹⁵, se ha realizado un extenso análisis de las necesidades nacionales mínimas que deben existir para todo desarrollo comercial:

- a) Financiamiento e incentivos fiscales para compañías
- b) Fondos gubernamentales para ciencia y tecnología
- c) Disponibilidad de personal entrenado
- d) Regulaciones de salud, sanitarias y ecológicas
- e) Ley de propiedad intelectual
- f) Interrelación industria/universidad
- g) Leyes antimonopólicas
- h) Directrices políticas del gobierno en Biotecnología
- i) Percepción pública

Quintero¹⁶ ha resumido las dificultades de los países del tercer mundo, entre ellos México, para alcanzar un desarrollo en biotecnología industrial:

- a) Dificultad en definir proyectos específicos de biotecnología
- b) Número insuficiente de investigadores y personal calificado en diferentes áreas de la biotecnología
- c) Infraestructura insuficiente o inexistente para desarrollar proyectos de biotecnología
- d) Carencia de experiencia en desarrollo tecnológico, particularmente en el área de biotecnología

¹⁵ U.S. OTA, *loc cit*

¹⁶ Quintero Quintero R.R., "La perspectiva de la Biotecnología en México", en (Quintero R.R. (Rec.) 1973), 461-479, Quintero R.R., "Prospectiva de la Biotecnología en México", Fundación Barros Sierra A.C./CONACyT, México 1973

- e) Presupuestos muy pequeños y fragmentados en el desarrollo de una masa crítica
- f) Falta de una industria nacional que apoye y busque el desarrollo de nuevas biotecnologías.

1.3 ANTECEDENTES DE LA BIOTECNOLOGIA EN MEXICO

En los últimos años, se ha escrito profusamente acerca de la Biotecnología, en periódicos¹⁷, revistas especializadas y discutido en programas de radio y televisión donde se han plantado los beneficios materiales para México al tener una posición de liderazgo en este campo. Sin embargo, se ha escrito poco, básicamente informes confidenciales o de circulación restringida sobre las oportunidades de negocios en Biotecnología, tomando sus necesidades y posibilidades de aplicación de manera atractiva en la Industria Química Mexicana (IQM).

Por tal razón, tanto el inversionista común como el industrial de la química en la actualidad no observan esta nueva tecnología como una ventana de oportunidad de negocio; por el contrario la observan como una posibilidad a muy largo plazo. Por otro lado, la comunidad científica nacional sólo promociona commodities farmacéuticos, como la penicilina, muy maduros en su mercado y de muy baja rentabilidad cerrando las oportunidades de crear una masa crítica que genere una industria nueva y vigorosa de especialidades que posea una ventaja competitiva sostenible, ésta es precisamente la tendencia en la industria química internacional.

La biotecnología en México está constituida por un conjunto muy heterogéneo de actividades industriales, comerciales y de investigación. En el país existen productos de las tres generaciones biotecnológicas, siendo la principal, los productos de la "primera generación". En esta rama los esfuerzos de investigación y desarrollo son muy escasos, la industria tiene una tendencia oligopólica y en general sólo tiene ventas domésticas; cabe mencionar que en este segmento tecnológico la industria cervecera ha logrado una exitosa exportación, aunque más basada en la mercadotecnia que en la tecnología¹⁸.

La industria biotecnológica de "segunda generación", está constituida por productores de antibióticos, enzimas y aminoácidos principalmente, que dependen básicamente de tecnología

¹⁷ Véase por ejemplo, Chímely E., "Se importan 5 mil millones de Dls por año en tecnología", Excelsior, 17 de Marzo de 1991, Gaceta UNAM, "Acciones para impulsar el área de Biotecnología", (2410), 1-2

¹⁸ Zellner M., "México: a botellazo limpio", America Economía, (68), 18-20

extranjera. Los productores más importantes son filiales de consorcios multinacionales en México. En esta rama puede decirse que se centran los mayores esfuerzos de investigación de instituciones públicas; sin embargo son raros los proyectos que se realizan en conjunto con alguna compañía.

La industria de la "tercera generación" en México es inexistente, aún cuando se encuentran los productos de importación en este segmento como son equipos de diagnóstico que usan anticuerpos monoclonales y también está disponible la vacuna contra la hepatitis. De esta forma los únicos productos biotecnológicos de esta generación que se producen domésticamente son las plántulas de varios cultivos que se obtienen mediante técnicas de micropropagación vegetal. En México la biotecnología de "tercera generación" se reduce en la práctica a actividades de investigación donde existe una gran dispersión, el enfoque es fundamentalmente básico y se tiene la tendencia de imitar el trabajo de la investigación internacional.

Tomando en cuenta este apartado y el anterior, se ha detectado que en cuanto a necesidades sólo los puntos a, e f i están totalmente desarrollados en México¹⁹, y respecto a las limitaciones como nación del tercer mundo, sólo los puntos e y f son resaltantes; el punto f es por sí mismo una justificación del presente trabajo.

1.4 ESCENARIO HISTORICO DE LA INDUSTRIA QUIMICA INTERNACIONAL

La evolución de la dinámica de la industria química internacional, en especial la de Estados Unidos puede ser caracterizada en cuatro episodios, tres históricos y uno actual (Tabla 1.1). En el primer periodo, (1953-1973) llamada a veces "los años de oro" de la industria, ésta tendió a concentrarse para ajustarse a la demanda. La ingeniería química generó nuevos, eficientes y rentables procesos y productos. El volumen de la industria creció por veinte años consecutivos, no había planeación estratégica, ni mercadotecnia y lo único importante era "producir" el producto químico a vender.

¹⁹ Sin embargo en la actualidad la Universidad Autónoma de Morelos concentra en su campus el programa de fortalecimiento regional de Biotecnología, proyecto financiado por CONACYT bajo la supervisión técnica del Instituto de Ingeniería Genética y Biotecnología de la UNAM con miras a afincar a los presupuestos y políticas fragmentadas.

El siguiente periodo, 1974-1982, fue una época difícil. La industria química fue duramente golpeada por tres eventos no contemplados pero con interrelación mutua entre ellos, incidentes ambientales que forzaron a las compañías a gastar grandes cantidades de dinero en su solución/prevenición²⁰, costos de energía crecientes que obligaron a realizar un gran esfuerzo conjunto en la conservación²¹ y en el aumento de la eficiencia en su uso y una economía con tres recesiones, situación que reorienta la producción química en cada ocasión. Estos sucesos crearon las condiciones para que los departamentos legales fueran las fuentes de liderazgo.

El periodo posterior, 1983-1990, es más promisorio pero difícilmente se le puede describir como una "edad de oro". Al principio y por algún tiempo creció hasta dominar, la era de la administración financiera. Muchas compañías se diversifican y realizan adquisiciones para ampliar su eficacia o reducir su vulnerabilidad comercial²². Este es también un periodo de reorganización corporativa, y los grandes equipos que se requerían para monitorear los turbulentos años 70 se reducen drásticamente. Adicionalmente muchas compañías aprenden a competir con competidores de orientación exportadora de regiones de materias primas de bajo costo²³; también aparecen clientes más demandantes en la calidad de los bienes y servicios comprados. Debido a estas tendencias hacia finales de la década, la administración de mercadotecnia sustituye a la administración financiera como la fuente básica de liderazgo corporativo en la industria química.

La administración de orientación legal de la penúltima década y la administración de la década pasada son reflejo de una transición turbulenta; muchas de estas industrias están mostrando incapacidad de permacer en el liderazgo de la industria que eventualmente regresará a los

²⁰ El caso de Union Carbide en la India fue el más drástico en la industria. el incidente ocurrido a mediados de los años 80, escape de isocianatos ha obligado a una industria en el pasado global, ha convertirse en una industria regional y redimensionar en multiples ocasiones su portafolio de productos, la última en 1991 cuando vendió su negocio de baterías y redefinió su posición en muchos negocios, ver Lipkowski W., "Bhopal, Indian City begins to heal but conflict remains", *Chem. Eng. News*, Diciembre 2 de 1985, 18-32.

²¹ Un caso que me toco analizar y que ya tiene valor histórico, los alcoholes OXO, inicialmente operaban a alta energía y presión, al ocurrir el embargo árabe en 1973 y tomar su perfeccionamiento hacia 1978 convirtió al 2 etilhexanol en el plástificante preferido del PVC por encima del isoocetanol.

²² La mayor adquisición de la historia se llevó en esta época, 1983, al comprar E.I. DuPont a la compañía de extracción petrolera Conoco, véase *Chem. Eng. News* de Septiembre 28 y Octubre 5 de 1981.

²³ Durante 1991, los Estados Unidos exportaron 15 mil millones de dólares de productos químicos, de los cuáles el 20% correspondían a HDPE, LDPE, PVC y PP, según publica Shapiro L. "Chemicals '91", *Chemical Marketing Reporter*, Enero 2 de 1992.

negocios de generar productos de alta calidad para cumplir con un comercio altamente normalizado y reunir las expectativas de los clientes.

No obstante la recesión que comenzó en 1990 y dura a lo largo de 1993, se espera que al final de la década se regrese a una "edad de oro", en ese momento los problemas que se iniciaron en la década de los años 70 se habrán resuelto y la tecnología será lo suficientemente avanzada de forma que entre las ciencias afines desaparecerán las barreras visibles²⁴. Esta nueva industria emergente tendrá su base en la combinación de disciplinas científicas de la biología, química, física y electrónica. Aquí la mercadotecnia tendrá un papel muy importante y un fuerte liderazgo de orientación tecnológica será necesario para hacer trabajar esta industria.

1.4 ESCENARIO HISTORICO DE LA INDUSTRIA QUIMICA MEXICANA

La Industria Química Mexicana (IQM) representó en 1990 el 5% del PIB nacional, durante mucho tiempo ha sido líder en exportaciones mexicanas, generadora de empleos y creadora de riqueza, por lo que ha tenido algunos de los índices más altos de productividad y de escala de toda la economía; consecuentemente a lo largo de los años se ha presentado como pilar de la economía y de la soberanía nacional²⁵. Sin embargo, en la actualidad posee una limitada capacidad de competencia internacional, dado que la industria química mundial está cambiando a gran velocidad²⁶, de tal manera que algunas tecnologías de mediados de los años ochenta ya están envejeciendo, mientras que otras de principios de esa década son obsoletas²⁷. Uno de los retos de los ingenieros químicos mexicanos de los años 90 es generar

²⁴ Esta tendencia no sólo es para la industria química, la industria de la computación se comporto exactamente así durante la cruenta guerra de precios de 1992-1993. Eiben T., "U.S. Exporters Keep On Rolling", *Fortune*, Junio 12 de 1993, 70-71

²⁵ Gutiérrez R.R., "Desarrollo y consolidación de la industria petroquímica mexicana", *Comercio Exterior*, 41, (4), 350-366

²⁶ Tómese el caso de IDESA, esta compañía produce anhídrido maleico via benceno, durante el año de 1992 el 40% de la capacidad de anhídrido maleico de Europa Occidental tuvo que cerrar dado que se producía a base de benceno y una subida de precio persistente de parte del benceno y un aumento de capacidad mundial del anhídrido via butanos dejó a estos productores en una situación muy difícil de manejar, Chem. Week, "MA world capacity slump", Agosto de 1992, 31-33

²⁷ El caso del mismo anhídrido maleico puede ilustrar esta afirmación, este producto es materia prima para fabricar tetrahidrofurano, material que tiene aplicaciones para fabricar plásticos de ingeniería y la muy demandada fibra Spandex (TM). E.I. Dupont durante 1992 arrancó en Tarragona España una planta de tetrahidrofurano via butanos, dejando a los productores de maleico sin su más prometedor mercado, ver Ernest R.E., Hertzberg H.L., "New Process to Manufacture Tetrahydrofuran", E.I. Dupont de Neumours & Co., Wilmington De., 1992

estrategias correctas para competir ventajosamente con la industria química mundial, empleando todos los recursos disponibles.

La estructura de la IQM históricamente está formada por 3 segmentos la industria primaria representada por PEMEX y la industria secundaria y terciaria donde PEMEX y la industria química privada operan plantas de un gran número de productos (figura 1.1). Esta asociación creó uno de los problemas más complejos que por mucho tiempo tuvo la industria, que es el no tener la capacidad de diferenciar de una manera simple entre los alcances del negocio y lo que significa soberanía nacional. Adicionalmente tanto la excesiva regulación que se originó a raíz de la expropiación petrolera como la política de crecimiento poco clara de PEMEX han evitado que se de una alta integración comercial e industrial como la que ahora poseen los competidores más fuertes de la paraestatal como son PETROVEN (Venezuela), SABIC (Arabia Saudita) y los productores Coreanos, es que les da una ventaja de costo demasiado²⁷ intensa. De aquí se concluye que PEMEX tiene que cambiar su estrategia si quiere seguir siendo un competidor importante en la industria petroquímica internacional (figura 1.2).

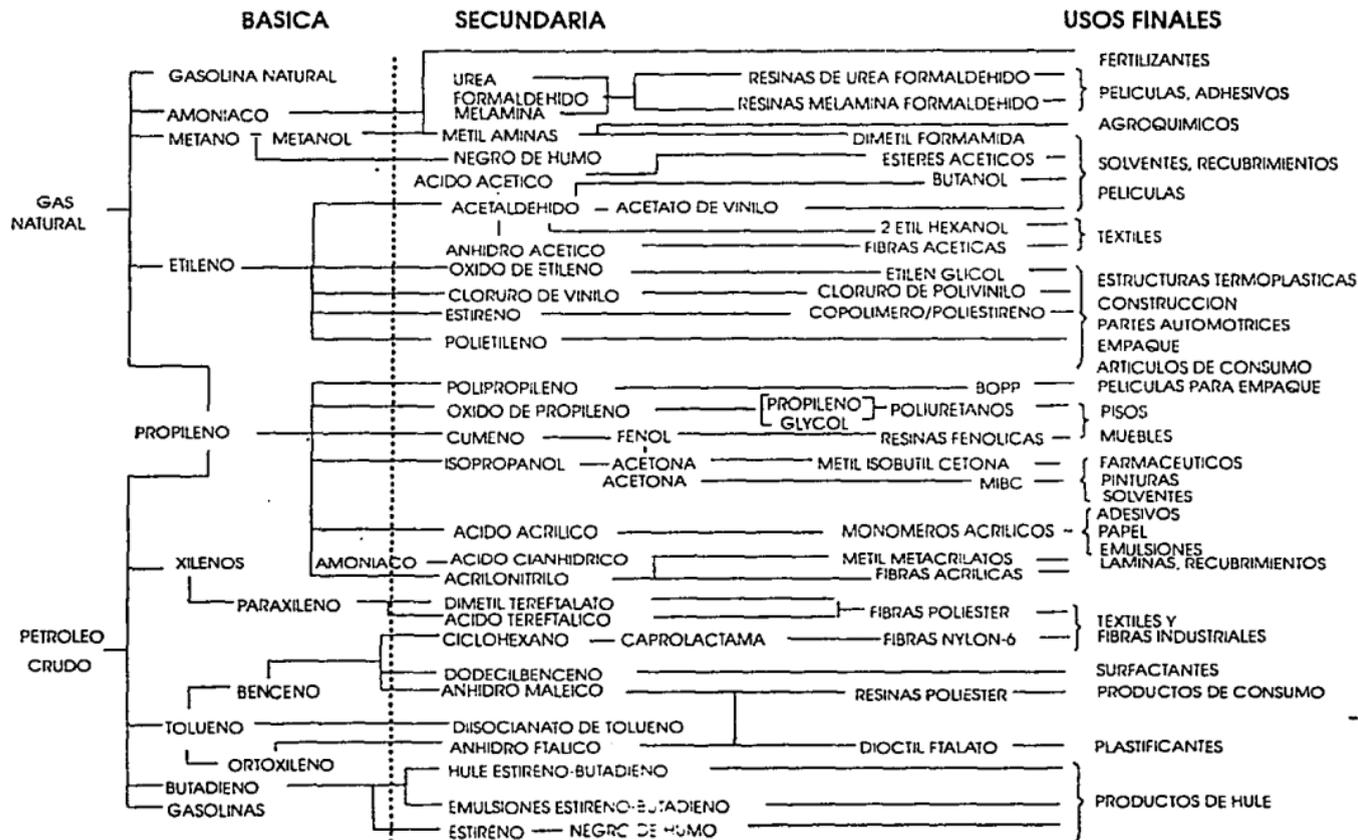
Se puede mencionar a su vez que la IQM ha crecido a través de los bloques de producción del etileno y del amoníaco, los más competitivos de la paraestatal (figura 1.1), en que la escala de producción la ha llevado a una relativa buena posición de costo, sin embargo en las demás ramas de la petroquímica básica, incluyendo al gas y a las gasolinas las cosas no han operado bien, a veces por falta de recursos²⁸ y otras veces, por tener una respuesta muy lenta a la dinámica del mercado²⁹.

La industria química mexicana, debido al proteccionismo que prevaleció en los años anteriores a 1989, sufrió un duro golpe en la apertura comercial de 1990 debido a su desfasamiento con respecto a la dinámica de la industria química internacional que prevalecía a finales de los años 80, por lo tanto ha tenido que enfrentar tres grandes problemas en el momento de su apertura:

²⁷ Uno de los tantos casos es el tren de aromáticos destinado a la refinería de Cadereyta en Nuevo León, otro el de una planta de alcoholes OXO vía propileno.

²⁸ El mercado mexicano de pinturas ha confiado excesivamente en su posición logística para mantener sus productos tradicionales, el día de hoy productos base agua de acrilatos de especialidad, alquid metacrilatos e Isotálcos ya se encuentran en los anaqueles de diferentes distribuidores, listos para su venta.

FIGURA 1.1 INDUSTRIA PETROQUIMICA MEXICANA EN 1993



Fuente: S. Arriano, C. García
Investigación directa

FIGURA 1.2 INTEGRACION DE LA PETROQUIMICA INTERNACIONAL

PAIS	INTEGRACION DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA			
	EXPLORACION/ PRODUCCION/ REFINACION	MATERIAS PRIMAS (OLEFINAS Y AROMATICOS)	DERIVADOS BASICOS	PRODUCTOS DE ESPECIALIDAD
MEXICO	PEMEX		CYDSA, IDESA, DESC, ETC	
ESTADOS UNIDOS	SHELL, EXXON, CHEVRON		DOW, UCC, HOECHST, CELANESE	
ARABIA SAUDITA	ARAMCO, SAMAREC	SABIC	JOINT VENTURES	
CANADA OCCIDENTAL	ESSO, SHELL	AGE, NOVOCOR	DOW, UCC, SHELL	
VENEZUELA	PDVSA, PEQUIVEN		JOINT VENTURES	
COREA DEL SUR		YUKONG, HONAM OIL	SAMSUNG, HYUNDAI	

un mercado con sobrecapacidad y bajos precios⁹, restricciones ambientales crecientes y una economía en recesión que adicionalmente tiene un nivel de inflación a la baja. Estos problemas son más parecidos a los que afrontaron los productores americanos en los años de liderazgo legal, que los que enfrenta el liderazgo financiero, hoy en plena sustitución por el liderazgo mercadotécnico. Por lo tanto desde aquí se aprecia que los líderes de la IQM deben ser ágiles, agresivos e innovadores si desean armar cualquier estrategia de sobrevivencia.

Si se enfatiza que en la actualidad la industria petroquímica mundial encara un doble reto, seguir produciendo productos estratégicos para la economía mundial a bajos precios, y que estos productos sean, si no reciclables, por lo menos no agresivos a la ecología. Para afrontar esta situación han empezado a formarse alianzas entre los productores de crudo competidores de PEMEX y la industria química de los países consumidores, desarrollando nuevos productos que no requieren que todas las materias primas sean productos petroquímicos. Un ejemplo de esto es los detergentes no fosfatados que usan aceites vegetales (CSMA, 1991) lo que ha creado nuevas fuerzas conductoras en la industria petroquímica y forzado a una disminución en valor para el comercio de petróleo crudo. Esto ha obligado a las naciones productoras de petróleo crudo de orientación exportadora, a crear industrias químicas de commodities y dejando a las naciones consumidoras la manufactura de los productos químicos de especialidad.

PEMEX, ahora como parte del mercado norteamericano debe integrarse a una dinámica diferente a las de su competidores internacionales, cambiando sus enfoques sobre la estrategia comercial global hacia una posición regional y en la actitud de iniciar la producción de especialidades petroquímicas.

1.6 COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL Y COMERCIO REGIONAL: EL CASO DEL NAFTA

En el ámbito de la competitividad internacional por otro lado, las compañías multinacionales funcionan bajo el concepto de operar unidas globalmente en el uso y disposición de recursos,

⁹ Existen muchos ejemplos de ambos, el PVC tiene en México 120 mil toneladas de capacidad con un mercado doméstico de aproximadamente 35 mil toneladas, en cuanto a los precios, durante 1993 se podía comprar acetona importada a 12 US\$ centavos/libra, costo de la materia prima de la acetona en México, 17 US\$ centavos/libra. El engaño empezó con Anderson [28]

de ajustarse constantemente a las necesidades de sus clientes bajo un esquema de competitividad a escala global³¹. Esta es una forma extremadamente elegante de describir la forma de operación de las compañías eficientes a nivel mundial, pero desafortunadamente esta forma de trabajo está muy alejada de la realidad que predomina en la región de Norteamérica. Uno de los problemas que existen es el enorme riesgo involucrado cuando se efectúan operaciones globales complejas de exportación en empresas que tienen menos de 50 años de operación, ya que representa un conocimiento disperso sobre sus mercados y sus competidores. Por otra parte, las empresas sean filiales o independientes deben optimizar el tiempo requerido para el cambio de tecnologías, dado que si lo prolongan pueden quedar fuera del mercado internacional, es decir, debe minimizarse el tiempo en la curva de aprendizaje con objeto de que las industrias mexicanas puedan ser competitivas. De esta forma las compañías harán funcionar sus estructuras internas: administración, producción, ventas, etc., para abastecer su mercado local, tanto en bienes como en servicios, y alcanzar el nivel de calidad exigida en los mercados internacionales.

Desafortunadamente la IQM, en general, pero en este trabajo léase PEMEX³² se ha manejado de manera equivocada al pensar que se puede comportar como un conjunto de industrias globales sin antes haberse convertido en un competidor doméstico calificado, con todos los riesgos implícitos que probablemente la lleven a callejones sin salida.

Para que la IQM pueda crear una estrategia que le permita competir en el nuevo esquema de economía mundial globalizada, cuya primera etapa es la regionalización económica, que se verá implementada en el país vía el Tratado de Libre Comercio³³ necesita ajustarse de manera rápida a los cambios de los esquemas de productividad-concentración, que además relengan el espíritu de las políticas nacionales que regirán el TLC México-Estados Unidos-Canadá³⁴.

³¹ Ver James, B., "Reducing the Risks of Globalization", *Long Range Planning*, 23.1, 80-88, 1990.

³² Ver Rodríguez W., "Cadenas de Transformación. Integración desde el Recurso Base", memorias del XXI Foro Nacional de la Industria Química, 91, Octubre 18 y 19 de 1990.

³³ TLC, NAFTA por sus siglas en inglés

³⁴ U.S. GAO, *loc. cit.*

Como es sabido, la IQM no puede competir con esquemas usados en otras industrias, que se basan en mano de obra barata e intensiva, por el hecho de ser intensiva en capital y tecnología, además de ser el inicio de la cadena del valor de industrias intensivas en mano de obra como son las manufactureras³⁵.

La IQM es especialmente vulnerable, dado que ha sido dependiente durante mucho tiempo de un esquema basado en la disponibilidad de productos petroquímicos relativamente baratos, que en futuro cercano estarán disponibles solo a precios internacionales. Es claro que desde PEMEX hasta el pequeño productor artesanal deberán hacer modificaciones en sus operaciones, ya de que de no ser así dejarán de ser competitivos a nivel regional, pudiendo quedar relegados del ámbito económico nacional.

1.7 POSIBLES ESTRATEGIAS A FUTURO PARA LA IQM

Uno de los tipos de estrategias más atractivas para mejorar la posición competitiva, pero que en México son más desconocidas son las de carácter científico, siendo de alto riesgo económico. La mayoría de los empresarios del país han evitado tener que desarrollar nuevos productos o procesos, que balancen su portafolio de productos apoyados en una política proteccionista y en una filosofía de productor único como camino para sustituir la importaciones³⁶. Si se piensa en el hecho de que por mucho tiempo ha sido más barato adquirir tecnología que crearla sobre todo hacia los años 70 cuando se impulsó en México la política de sustitución de importaciones, pero ahora que ha disminuido drásticamente la oferta de tecnología, en especial la de atractivas ganancias en corto tiempo y/o aumentado su precio a niveles prohibitivos, se ha detectado que de una manera tímida los empresarios han comenzado a explorar este tipo de estrategias en el corto plazo³⁷.

³⁵ *Ibidem*, Figura 1.1

³⁶ El polémico impuesto del 2% sobre el activo fijo y la disminución de las deducibilidades de muchos gastos en las empresas privadas en parte fueron motivadas por esta situación, que popularmente se describen como "empresario rico, empresa pobre"

³⁷ Sin embargo, estos esfuerzos no son en la IQM, sino más bien en industrias de manufactura como es la producción de vidrio o en la producción agropecuaria de exportación como es la producción de flores y mango.

Un buen punto de partida para entender la estrategia tecnológica es afirmar que el núcleo de una compañía es lo que se conoce y lo que se hace con todos los productos que se tiene o a los mercados a los que se sirve. La estrategia tecnológica se ubica sobre este conocimiento y estas habilidades. Esta acción consiste por lo tanto de políticas, planes y procedimientos para adquirir este conocimiento y la habilidad para administrar este conocimiento y para explotarlo en su beneficio. La estrategia tecnológica por lo mismo no puede ser igual si es una estrategia de Investigación y Desarrollo (I y D) que aquella que sólo labora en la adquisición de tecnología a través de sus actividades diarias. De esta manera podríamos definir estrategia tecnológica a aquel tipo de estrategia que se relaciona con la explotación, desarrollo y mantenimiento de la suma total de conocimientos y habilidades de una compañía⁹⁸.

Es importante enfatizar que existen dos elementos de una tecnología involucrados en una estrategia tecnológica -la tecnología del producto y la tecnología de producción-. La tecnología del producto se centra sobre el diseño y la composición de lo que se está vendiendo, mientras que tecnología de producción es la que se orienta a la capacidad de producir productos con una consistente y un apropiado nivel de calidad y de rentabilidad. Muchos factores hacen importantes la estrategia tecnológica, no sólo para las compañías de "tecnologías de punta", sino para todo tipo de compañías. En primera instancia, desarrollar este tipo de estrategia puede forzar a una compañía a regresar a un análisis de su posición de mercado y de las cosas que vende en él⁹⁹. Adicionalmente, puede a su vez forzar a la compañía a analizar las tecnologías de producto y de producción sobre las cuales se basan sus operaciones Como se analizará en este trabajo, PEMEX no toma en cuenta una estrategia tecnológica, además de que no hay la uniformidad de productos que en la actualidad requiere el mercado mexicano de gasolinas, originada por la tendencia de regulaciones ecológicas que se emiten en Norteamérica.

⁹⁸ Esto es exactamente lo que hacen dos de las más rentables y admiradas compañías en los Estados Unidos, Merck y 3M. Reese J. "America's Most Admired Corporations". *Fortune*, Febrero 15 de 1993, 16-30.

⁹⁹ Compaq e IBM en la industria de la computación, Union Carbide y Monsanto en la industria química son ejemplos en 1991 de esta actitud ante los cambios en su entorno de negocios.

En estudios internacionales de planeación ⁴⁰ se ha encontrado que la Biotecnología tiene los parámetros más bajos en cuanto a lo que se ha llamado una masa crítica científica de utilidad industrial aplicable a todas las tecnologías consideradas de punta (figura 1.3). Esta masa crítica la ha definido Perrino como:

1. Una visión coherente de 5 a 10 años de segmentos de negocio y tecnologías críticas que pueden ser aceptadas como misión dentro de una compañía.
2. Un programa proactivo para identificar "núcleos de experiencia" e identificar a el mejor talento como una directriz de negocio.
3. Las compañías deben buscar programas de manejo de tecnologías emergentes de tal manera que su acceso y comprensión hacia la dinámica de la tecnología sobre el negocio sean continuos.
4. Las compañías más exitosas que se basan en estrategias tecnológicas son aquellas que dan una alta prioridad a una comunicación efectiva y a la integración de recursos.

Las compañías que puedan en el futuro tener el mejor éxito en I y D son aquellas que hoy comiencen a trabajar en crear núcleos de I y D multidisciplinarios en cada mercado - con su propia directriz - y que aprendan a manejar estos núcleos como una red.

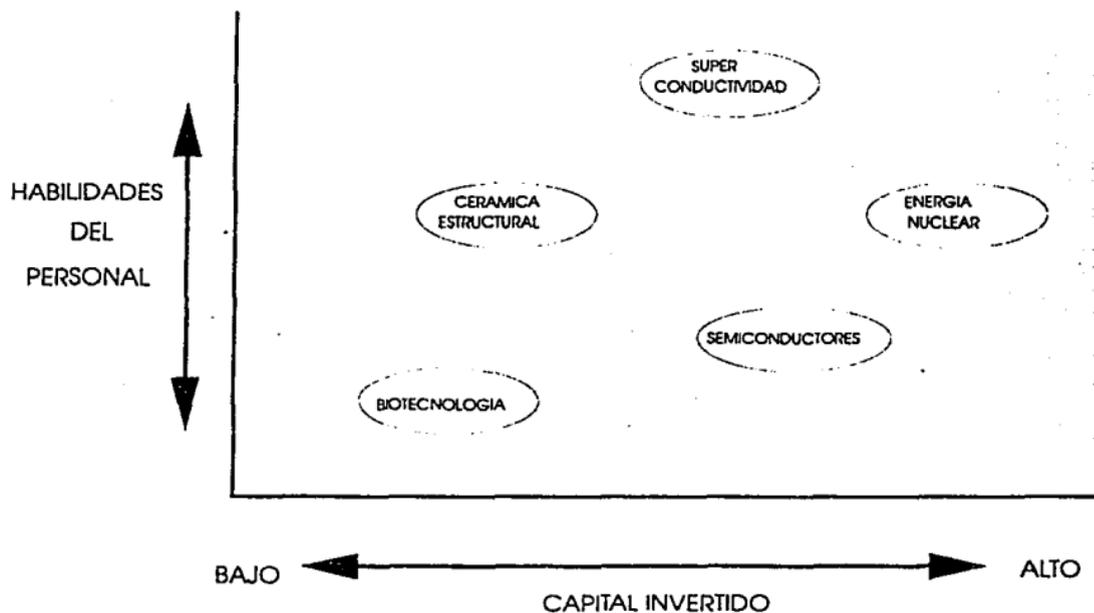
5. La innovación exitosa requiere que la función de I y D sea parte interactiva de un equipo formal (Business Team). El equipo debe incluir ingeniería, manufactura, mercadeo, planeación y finanzas, adicionalmente este grupo debe recibir el apoyo incondicional de la alta dirección.

Desde hace mucho tiempo, ha existido la tendencia a creer que una tecnología de punta como lo es la Biotecnología es necesariamente una tecnología intensiva en capital. Aunque en muchos casos para obtener un producto totalmente original si se requieren cantidades apreciables de dinero en la investigación y desarrollo, y una considerable cantidad de soporte en pruebas como lo es en las áreas biomédicas, es de base sustentable para México. La razón es que para muchos productos, en especial los químicos, las oportunidades para tener procesos industriales rentables son muy atractivas, sin tener que contar con larga tradición en investigación y/o un

⁴⁰ ver Perrino, A. & Tipping J., "Global Management of Technology", *Res. Technol. Mgmt.*, 32,3, May-Jun. 1989, 12-19.

FIGURA 1.3

MATRIZ DE TECNOLOGIAS EMERGENTES
IMPORTANCIA DE RECURSOS DE I Y D VS.
INTENSIDAD DE CAPITAL



soporte financiero masivo. La difícil y desastrosa experiencia de General Motors (Koerner, 1989), con el presupuesto más alto para investigación y desarrollo de todo las compañías del mundo y sus resultados marginales de 1992-1993 debería volverse una alerta para todos los responsables del desarrollo de investigaciones "puntas" en México. Después de todo, la biotecnología es una tecnología en crecimiento, muy lejos de la madurez, y con una interacción con los clientes muy baja.

Actualmente se empieza a formar una globalización económica mundial, dicho de otra manera, existe una fuerte interrelación entre todos los países y entre muchas compañías multinacionales con miras a participar ventajosamente en un mercado internacional cada vez exigente y competido. Las estrategias tecnológicas han variado, una de las formas más populares en el acuerdo de joint ventures en muchos grados; en el caso de la Biotecnología, dado que en Europa y Japón existen limitaciones de tipo técnico y/o económico y hasta político se presenta la tendencia a realizar inversiones en Estados Unidos donde existe disponibilidad de recursos humanos, técnico y financieros.

Las joint-ventures, son fascinantes para todas las nuevas compañías modulares, exitosas y pequeñas como Nike (zapatos deportivos), Apple Computer (computadoras personales) y Northern Telecom (telecomunicaciones),⁴¹ con bajos niveles de personal, altas posibilidades de desarrollar productos de alta tecnología y ajustarse de manera instantánea en las necesidades de los clientes y sobre todo, altos redimientos financieros con bajos costos.

Estas asociaciones permiten unir a proveedores, clientes, competidores de industrias diversas, con necesidades diversas, posibilidades diferentes, con un mismo personal y con una misma estructura operativa en alianzas estratégicas en periodos de tiempo diversos y que son inmensamente más atractivas que las adquisiciones y fusiones, ya que éstas últimas siempre implican una secuela de despidos de personal y reestructuraciones operativas en periodos prolongados.

⁴¹ Existen muchas definiciones y ejemplos al respecto, sin embargo el autor considera como la mejor la de Tully S., "The Modular Corporation", *Fortune*, Febrero 8 de 1993, 52-56

En México, aún cuando la IQM, se encuentra lejos de contar con la infraestructura de los E.U.A., dirigirse a ciertos mercados nicho con una joint-venture puede hacer que en vez de moverse hacia afuera del país, la compañía se movilice hacia adentro donde se pueden resolver "los cuellos de botella operativos" con soluciones de bajo costo y con una eventual calificación de competidor regional.

Una solución de bajo costo es la mezcla de tecnologías de punta con las convencionales, buscando siempre adaptarlas a las posibilidades del mercado y a la necesidad de los clientes. De esta manera, si se afirma que la Biotecnología nació como una tecnología híbrida, entre la Microbiología y la Ingeniería Química para desarrollar productos. Todavía hoy la biotecnología se ha orientado principalmente hacia los productos químicos finos y los farmoquímicos⁴². Sin embargo, si en un momento dado entrara de lleno hacia los commodities, es muy probable que no pueda hacerlo como tecnología pura, que además es muy costosa, y tenga que servirse de métodos convencionales de procesos, ganando confianza en los industriales por operar en métodos conocidos y cuantificables y darles una oportunidad de cambiar su enfoque de líderes de costo hacia compañía orientadas a mercados nichos, asegurando su sobrevivencia en los turbulentos años de la regionalización impuesta en el TLC.

Esto ya no es una teoría de parte del autor, sino que es una tendencia en los mercados internacionales, si se observa la figura 1.4 donde se contabilizan patentes en áreas claves biotecnológicas de parte de los productores internacionales de gasolinas quienes han comenzado a pensar en limitaciones operativas en el futuro a causa de las regulaciones ambientales y las posibilidades en el negocio de la hibridización biotecnológica en la formulación de gasolinas. Otro aspecto que resalta de esta figura, es que el principal socio en el escenario internacional de PEMEX, Royal Dutch/Shell está ya participando activamente en estos trabajos, y no resulta tampoco extraño si se recuerda que Shell es una de las organizaciones pioneras en planeación estratégica⁴³.

⁴² ver Sheldon R.A., "Industrial Synthesis of Chiral Compounds", *Speciality Chemical*. Febrero de 1990, 30-45.

⁴³ ver Schwartz, P. "The Art of the Long View: Using Scenarios to Plan for an Uncertain Future". *The Planning Forum Network*, 4, (12), 1991.

**FIGURA 1.4 AREAS DE I Y D ENTRE LOS
COMPETIDORES INTERNACIONALES DEL
MERCADO DE GASOLINAS**

EMPRESAS PETROLERAS	AREAS DE ESTUDIO	PATENTES	POSICION
UOP	ENZIMAS, AZUCARES, SEPARACIONES DE ADSORCION ULTRAFILTRACIONES, MEMBRANAS	60	LICENCIADOR PRODUCTOR
IFP	AMINOACIDOS, ENZIMAS, AZUCARES, CELULOSA, FERMENTACIONES, ETANOL	21	LICENCIADOR
MOBIL	ADSORCION, ETANOL	3	PRODUCTOR
EXXON	BIOPOLIMEROS, ENZIMAS	23	PRODUCTOR
NIPPON OIL	ENZIMAS, FERMENTACION SEPARACION, ADSORCION CONTROL AMBIENTAL, ETOH	23	PRODUCTOR
SHELL	BIOPOLIMEROS, ENZIMAS	14	PRODUCTOR
GULF RESEARCH	CELULOSA, ETANOL	3	LICENCIADOR

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.0 LA CONTAMINACION DEL AIRE

La primera vez que una concentración humana conoció el Smog¹ fue en Londres Inglaterra en 1948. Poco después las ciudades de los países desarrollados primero y, el resto del mundo después, han ido conociendo este fenómeno causado por la emisión de gases de combustión por fábricas y automotores en todas las grandes ciudades. Una cantidad importante de esta contaminación es producida por los gases de invernadero². Entre los que destacan por su cantidad como por sus efectos sobre la salud y el ambiente está el dióxido de carbono, cuya principal fuente es la quema de combustibles fósiles. Se puede mencionar también a los óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos fluorocarbonados, CFC, metano,...., y otros.

2.1 TIPOS DE CONTAMINANTES

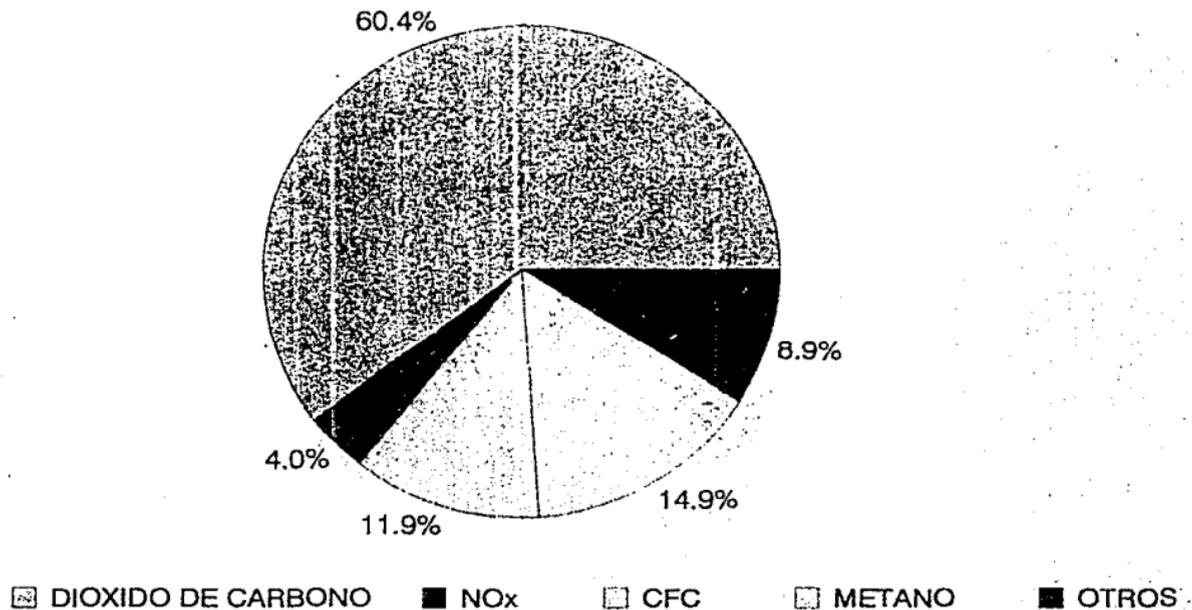
Los contaminantes más comunes, producto de la quema de combustibles fósiles como el gas, la gasolina y otros³ son el resultado de la combustión incompleta. Estos contaminantes son gaseosos, sólidos y líquidos. Es importante señalar que las partículas son sólidas o líquidas de tamaño microscópico o más pequeñas, pero superior al molecular. Se cuenta entre ellos el polvo, producido por la desintegración mecánica natural o artificial de materia sólida dando partículas de diámetro próximo a 1µm; los humos constituidos por partículas sólidas y líquidas formados mediante procesos complicados de tamaño similar al del polvo; las brumas constituidas por pequeñas gotas en

¹ Palabra inglesa que significa niebla fotoquímica

² Véase la figura 2.1

³ Pulgever M., "Atmósfera y contaminación atmosférica". Investigación y Ciencia, (37), Octubre de 1979, 104-120.

FIGURA 2.1
CONTRIBUCION MUNDIAL AL EFECTO DE INVERNADERO



Fuente: Hillerman B.

suspensión, de unos 10 μm de diámetro, formados por condensación de vapor sobre ciertas partículas higroscópicas llamadas núcleos de condensación ó más raramente por pulverización de agua en la atmósfera. Finalmente, los aerosoles, término algo vago que incluye partículas sólidas o líquidas, microscópicas o submicroscópicas de diversa naturaleza; humos, niebla, etc. Estos contaminantes se suelen llamar VOC⁴ o partículas en suspensión. Los contaminantes que son de tipo gaseoso son aquéllos que entran en la atmósfera como tales, algunos de ellos se asocian a gotitas de agua o núcleos higroscópicos y/o sufren reacciones químicas que conducen a productos insolubles terminando su vida como partículas.

A diferencia de estos contaminantes que se encuentran como primarios, los llamados contaminantes secundarios no son emitidos a la atmósfera, sino que se producen por la reacción química entre primarios y los gases atmosféricos. El ejemplo más típico es el ozono que aparece como consecuencia de complicados procesos fotoquímicos entre óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

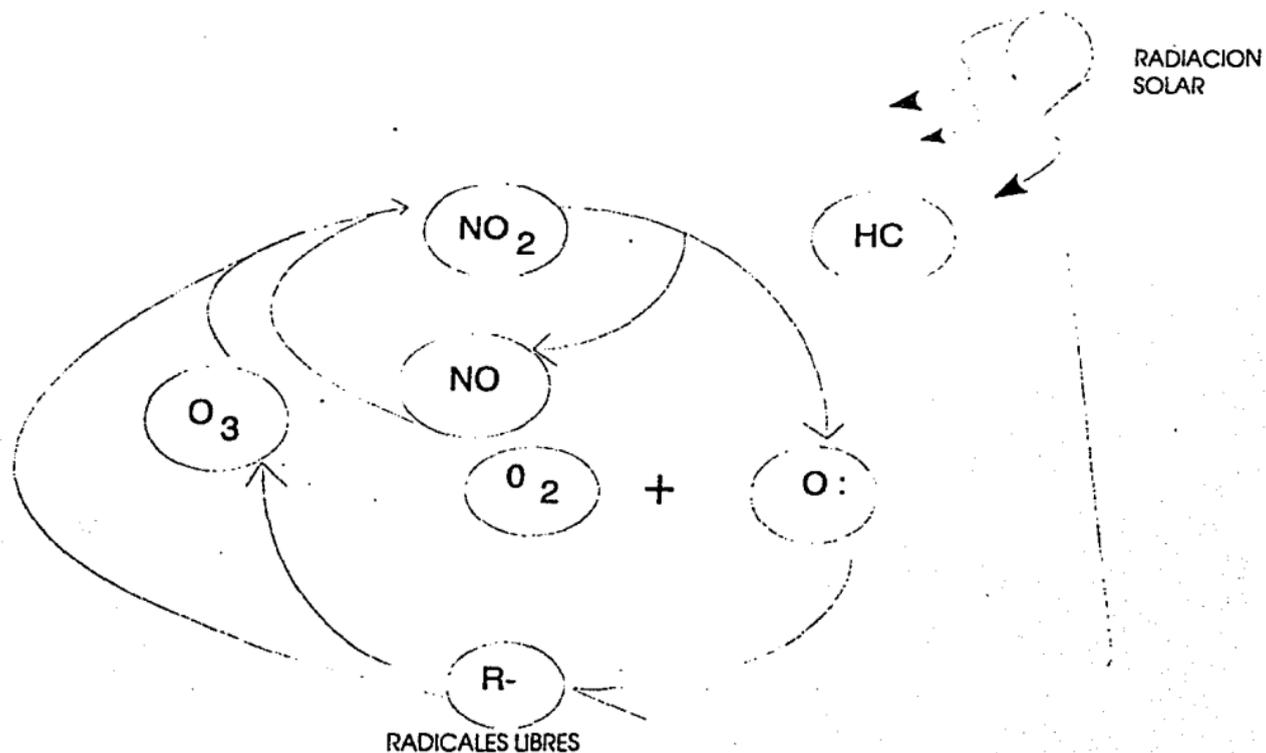
Entre los contaminantes primarios, los más importantes son:

- a) Los compuestos de azufre, que generalmente penetran en la atmósfera en forma de dióxido de azufre SO_2 , que puede oxidarse a SO_3 y éste, por hidratación da lugar a ácido sulfúrico H_2SO_4 .
- b) Compuestos de nitrógeno, que generalmente se originan como óxido de nitrógeno (II) NO o amoníaco NH_3 y, ulteriores transformaciones forman NO_2 , mezclas de distintos óxidos de nitrógeno NO_x y nitratos⁵.
- c) Compuestos de carbón, fundamentalmente el monóxido de carbono que puede pasar por oxidación a dióxido de carbono CO_2 . Hay que citar además a los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, aldehídos, cetonas y ácidos orgánicos, procedentes de la combustión incompleta del petróleo y la gasolina, del refinado o de los pulverizados a presión.

⁴ En inglés, volatile organic compounds

⁵ Véase la figura 2.2

FIGURA 2.2
CICLO FOTOLITICO ATMOSFERICO DE LOS OXIDOS DE NITROGENO



Fuente: Hillerman B.

- d) Finalmente deben citarse por su carácter peligroso a los halógenos, a los ácidos como el HCl y el HF y a los compuestos fluorocarbonados. Los ácidos por ser responsables y precursores de la temida lluvia ácida de devastadores efectos en los ecosistemas y, los últimos son el centro de una intensa polémica mundial por su papel en la destrucción de la capa de ozono en la estratósfera.

2.2 QUIMICA DE LOS CONTAMINANTES GASEOSOS DE LAS GASOLINAS

Ante el enorme número de contaminantes gaseosos ¹ es necesario definir, cuáles de las emisiones son producidas por fuentes móviles y cuáles por instalaciones industriales ². Parte de estos contaminantes se generan por el hecho de que la quema de los combustibles, a base de hidrocarburos, usados por automóviles nunca es completa. Los productos de las emisiones y sus subsecuentes reacciones químicas en la atmósfera están cambiando continuamente la composición de la atmósfera, tanto de manera local como en amplias áreas geográficas.

Las emisiones de escapes automotrices de máquinas impulsadas por gasolina, generan concentraciones de gases que incluyen óxidos de nitrógeno (NO_x), CO, muchos compuestos orgánicos y partículas sólidas (a niveles muy bajos, a menos que exista una muy alta compresión), así como los productos de la combustión completa (CO₂ y agua).

Los compuestos orgánicos se dividen en dos grupos:

Los Hidrocarburos (HC), incluyen a algunos de los productos gaseosos de la combustión incompleta de escapes automotrices y a los compuestos más volátiles del combustible en sí³.

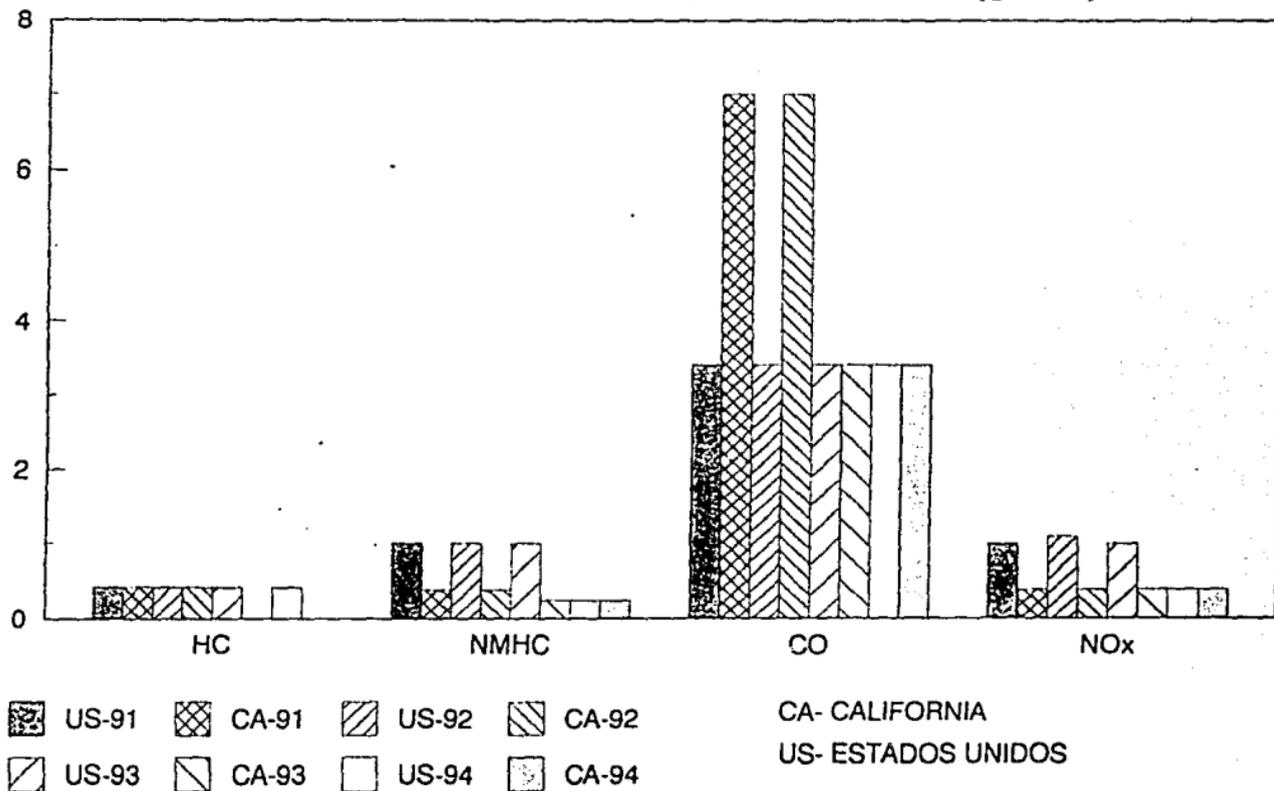
Dados los cientos de especies individuales que están involucrados, la tendencia a la formación de ozono de los que son reactivos y de los que no lo son tiene poca utilidad como medida. Una primera conclusión, es que los compuestos más perjudiciales por su tendencia a la formación del ozono son los óxidos de nitrógeno⁴; sin embargo los hidrocarburos también contribuyen a la aparición de este

¹ Véase figura 2.3

² Becker, E.R., "Catalysts and Reactors for emission Control". memorias de *Petrochemical Strategies*. México D.F. octubre 22-23 de 1992.

³ Gushee D. E., "Alternative fuels for cars: Are they cleaner than gasoline ? ". *CHEMTECH*, Julio de 1992 406-411

FIGURA 2.3: EMISIONES ESTANDAR PARA AUTOMOVILES EN EUA IMPULSADOS POR GASOLINA (g/Km)



contaminante como precursores de los primeros¹⁰.

El Metano, es un compuesto que contribuye mínimamente a la formación del ozono en espacios de tiempo pequeños¹¹, así quienes investigan las regulaciones han creado la denominación de Hidrocarburos No-Metánicos¹². Esto da un número que es relevante a corto plazo en la tendencia de la formación del ozono a partir de la mezcla de gasolina¹³.

Con esta información, los científicos ambientales han desarrollado desde los años sesenta, modelos matemáticos para ser usados en computadora; con ellos han simulado las emisiones contaminantes que se forman en las grandes ciudades. Sin embargo, históricamente se han formado estos modelos, bajo el supuesto, de eventos de un día de duración. Dado que esto es una gran limitación técnica, se ha empezado a trabajar en desarrollar nuevos modelos matemáticos que pudieran usarse en estudios de fenómenos ambientales de más de un día de duración, esto gracias al avance de la capacidad de análisis científico y de la aparición de nuevas computadoras. La simulación matemática de emisiones de contaminantes a lo largo de días o semanas de duración y de sus consecuentes inversiones térmicas se realizan desde hace algunos años, y se ha observado que el metano es parte importante en la formación de ozono en la atmósfera de las grandes ciudades, un fenómeno no del todo comprendido en el momento de escribir las regulaciones ambientales al principio de los años ochenta.

El metano también es un gas de invernadero, es más potente que el dióxido de carbono; las estimaciones actuales de la razón de potencia relativa del Metano, dan números de entre 10 y 30 a 1. La concentración atmosférica del metano es alrededor de 5 partes por mil de CO₂.

Los gases orgánicos no metánicos¹⁴ incluyen a las especies oxigenadas tales como aldehídos y cetonas no incluidas en NMHC¹⁵. Tales especies están presentes tanto en combustibles como en gases de combustión. El término "gas" indica que el componente puede estar en el aire y su concentración

¹⁰ ibidem, figura 2.3

¹¹ ibidem, figura 2.3

¹² peridos de un día

¹³ (NMHC, por sus siglas en inglés)

¹⁴ Gushee, loc. cit.

¹⁵ NMOG, por sus siglas en inglés

¹⁶ Gushee, loc. cit.

química es un factor importante que contribuye en la formación del ozono. NMOG es así una definición más precisa de productos de emisión que contengan carbono de una forma significativa para la formación de ozono que NMHC. Pequeñas cantidades de metano y propano son productos de combustión incompleta y como consecuencia se ha comprobado que si aumenta el porcentaje de estas olefinas sin quemar, éstas comienzan a ser un componente principal en la formación del ozono. El propano y el metano también son productos de combustión incompleta de la gasolina. Sin embargo, éstos tienen aplicación como combustibles para automotores (como un producto denominado gas LP), ya que se pretende utilizar en los microbuses de pasajeros y en los carros de flotillas comerciales dentro de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y como consecuencia una porción cada vez más importante de lo que no se quema formará parte de los productos de emisiones. Como las olefinas más comunes serán poderosos precursores de ozono, aún cuando la cantidad de CO₂ y NO_x que se formen estarán altamente minimizados.

Los aldehídos se encuentran entre los precursores más activos en la formación del ozono. El formaldehído adicionalmente, también se forma de otros compuestos orgánicos activos en la atmósfera, como la mezcla de "cohechos" en la luz del sol¹⁴. De esta manera la concentración de formaldehído en la atmósfera proviene tanto de la mezcla de NMOG como de la cantidad de formaldehído en las emisiones de humo. La evidencia actual indica que el aumento en las emisiones de escapes de automotores no necesariamente incrementará el nivel de formaldehído atmosférico, excepto quizás en áreas muy cerradas tales como estacionamientos o túneles. El formaldehído y el acetaldehído son tóxicos y posiblemente cancerígenos, y forman parte de la lista que aparece en Clean Air Act de productos químicos que deben ser controlados.

Un hallazgo reciente indica que la presencia de metanol o MTBE en los combustibles favorece la formación de formaldehído dentro del humo, adicionalmente el etanol y el ETBE favorecen la del acetaldehído.

¹⁴ Ibidem, Gushce [21]

Las olefinas están presentes en la gasolina como un resultado de los procesos empleados para su manufactura tales como la degradación catalítica de procesos del petróleo (Cracking). Estas tienden a formar ozono y otros productos tóxicos. Su contenido moderado de energía los convierte en un componente del combustible deseable desde el punto de vista de la densidad de energía. El 1,3-Butadieno, es el más tóxico de todo el grupo de olefinas y es objeto de regulación¹⁷.

Los compuestos aromáticos son deseables como combustible dado su alto contenido de energía, pero éstos a su vez son mucho más resistentes a su transformación por medio de un convertidor catalítico que las olefinas. Adicionalmente, estos productos químicos presentan más problemas, algunos de los compuestos aromáticos son formadores de ozono, otros además son tóxicos, el benceno y los compuestos policíclicos son denominados tóxicos en Clean Air Act, y los xilenos y algunos de los compuestos aromáticos más complejos formadores de ozono¹⁸.

Las temperaturas más altas de los motores, aumentan la cantidad de NOx en los escapes. Sin óxidos de nitrógeno, el ozono no puede formarse. Si el NO₂ se expone a la luz ultravioleta del sol, tiende a perder un átomo de oxígeno, el cual forma el ozono al unirse a una molécula de O₂. Los compuestos orgánicos atmosféricos¹⁹ aumentan la conversión de NO, el principal componente de los NOx a NO₂, y la fuente de átomos de oxígeno. Otras reacciones, en especial aquellas asociadas con la formación de formaldehído a partir de hidrocarburos en el aire, también involucran compuestos de nitrógeno como intermediarios.

Otras emisiones de productos relacionados incluyen monóxido de carbono, partículas sólidas, y dióxido de carbono. En la Tabla 2.1 se muestran las principales contribuciones de estos materiales para uno o más problemas de química ambiental.

¹⁷ *Ibidem*, Gushee [21]

¹⁸ Davies B.C., "Adventures in Clean Air Act. amendments Implementation", *Hydrocarbon Processing*, May 1992, 91-94

¹⁹ Entre ellos los NMOG

TABLA 2.1
TIPOS DE IMPACTOS SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE

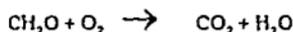
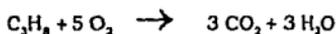
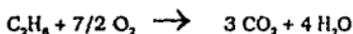
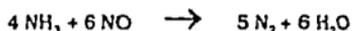
COMBUSTIBLES	EFECTO DE INVERNADERO	OZONO	TOXICOS
GASOLINA		XX	XX
METANOL		XX	
ETANOL		XX	
METANO	XX	XX	
PROPANO		XX	
EMISIONES			
MONOXIDO DE CARBONO (CO)		XX	XX
DIOXIDO DE CARBONO (CO ₂)	XX		
OXIDOS DE NITROGENO (NO _x)	XX ^a	XX	XX ^b
AROMATICOS (p.ej. BENCENO)		XX	XX
OLEFINAS (p.ej. BUTADIENO)		XX	XX
ALDEHIDOS (p. ej. FORMALDEHIDO)		XX	XX
PARTICULAS			XX

NOTAS: ^a EL OXIDO NITROSOS ES UN GAS DE INVERNADERO
^b EL DIOXIDO DE NITROGENO ES TOXICO

FUENTE: GUSHEE D.E.

2.3 CONVERTIDOR CATALITICO EN GASOLINAS

A continuación se presentan las reacciones que, en teoría, llevan a cabo los contaminantes al pasar a través de un convertidor catalítico como gases de combustión, según Clean Air Act en su primer etapa²⁰:



Como se puede observar a medida que se perfeccionen los convertidores catalíticos, el efecto de contaminantes "duros", será cada vez menor, sin embargo el dióxido de carbono esta volviéndose el blanco de la próxima regulación.²¹

2.4 DIOXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono es un gas termorregulador en su naturaleza química, gracias a su concentración en la atmósfera el día de hoy y a su característica única de dosificar la energía radiante del sol, la Tierra es un lugar apto para la vida y no tiene parecido a Venus con su clima infernal de más de 400 °C o a Marte con su clima asfixiante y frío, inhóspito para la vida. Desde el principio de los tiempos

²⁰ Becker, loc. cit.

²¹ El término "duros" se usa para expresar que es difícil transformarlos dentro del convertidor catalítico de un automotor.

geológicos el papel del dióxido de carbono (CO_2) para la creación, desarrollo y sostenimiento de toda forma de vida en el planeta ha sido crucial .

El estudio del gas como un contaminante, se inició en 1896 cuando el ganador del Premio Nobel el sueco Svante Arrhenius, propuso que el CO_2 de la atmósfera proveniente de la quema de combustibles fósiles tales como carbón, gas natural y petróleo causan un cambio en la transparencia de la atmósfera que puede resultar en un calentamiento sin antecedentes en la historia humana²².

La teoría del efecto de invernadero la desarrolló hace por lo menos 70 años por el matemático francés Jean-Baptiste-Joseph Fourier , quien sugirió que ciertos gases de la atmósfera pueden absorber radiación, de tal manera que retienen más calor del que el sol emite en un momento dado. Para el final de los años 1850, el físico británico John Tyndall analizó las propiedades de los gases atmosféricos demostrando que el CO_2 fue entre todos²³, aquél que absorbió más fuertemente la radiación emitida por la tierra.

De esta manera se puede explicar como el efecto de invernadero que se generó por el gas, dio origen a la vida, a pesar de la limitación hace 4 mil millones de años en que el sol sólo generaba el 70% de la energía radiante que en la actualidad produce²⁴. La cantidad de CO_2 que ha existido en la historia geológica nunca ha sido constante²⁵, sino que ha variado abruptamente de tiempo en tiempo, lo que ha producido climas propicios para explosiones en la diversidad biológica (número de especies de plantas y animales) o eras glaciares difíciles para toda forma de vida; así en épocas de los dinosaurios (en el período Jurásico) existían 3500 ppm del gas y hacia el año 1990, 360 ppm²⁶.

Los ecologistas frecuentemente aseveran, que la quema de combustibles fósiles con el consecuente aumento del efecto de invernadero está produciendo un calentamiento climático global más allá de lo conocido por la historia humana escrita en el planeta, según Investigaciones²⁷, de hasta 0.3 °C por

²² Sarmiento, J.L. "Ocean Carbon Cycle". *Chem. Eng. News*, Mayo 31 de 1993, 30-52.

²³ Véase la figura 2.1

²⁴ Zabrónov S.A., "The Carbon Cycle". *Earth*, 1, (1), 32

²⁵ Véase la figura 2.4

²⁶ Zabrónov, loc. cit.

²⁷ Zurter P.S., "Economic Considerations enter fray over Global Climate Changes Policies". *Chem. Eng. News*, Abril 1 de 1991, 12, Matthews S.W., "What's Happening to Our Climate?", *National Geographic*, 150, (5), 576-615

década que llegarían a 3 °C en el año 2100²⁸. Pero existe información adicional que indica que las predicciones climáticas actuales quizás sean erróneas. En la historia escrita de la humanidad existen al menos, dos periodos climáticos opuestos donde la tecnología humana no tuvo ninguna intervención²⁹. Entre los años 900 y 1200 D.C. conocidos en la historia humana como la Baja Edad Media o la era de los Vikingos, ocurrió el *Óptimo Medieval*, periodo donde en los países Escandinavos, donde escasamente se puede sembrar avena, se tenían cosechas de trigo; los viticultores Ingleses obtenían vinos de calidad y en cantidad y los agricultores escoceses tenían abundantes cosechas en las tierras altas³⁰.

Más adelante, entre los años 1650 y 1740 se presentó la pequeña glaciación, auroras boreales en el golfo de México, canales holandeses permanentemente congelados durante largos periodos y condiciones agrícolas como las que tiene hoy Escandinavia, Inglaterra y Escocia pero mucho más inhóspitas. Sin embargo el origen de estos cambios tan bruscos, se encuentra en los tiempos geológicos del planeta, no en el desarrollo económico de las sociedades humanas³¹.

2.5 CICLO GEOQUIMICO DEL CARBONO

El clima mundial que los humanos consideran como normal es un fenómeno geológico de reciente formación que no tiene más de 40 millones de años, el mundo que predominaba antes de este periodo era más cálido y húmedo que el que existe ahora. La lluvia se distribuía a lo largo del año lo que favorecía que los bosques cubrieran gran parte del planeta. Muchos climas y vegetales que son comunes ahora, eran virtualmente desconocidos y ante la falta de estaciones y aridez anual, los pastizales y desiertos eran raros. Durante los últimos 40 millones de años, y particularmente durante los pasados 15 millones de años, este difundido clima cálido y húmedo desapareció, para ser confinado a limitadas regiones, tales como el sureste asiático, la costa del Golfo de México y los

²⁸ Véase la figura 2.4

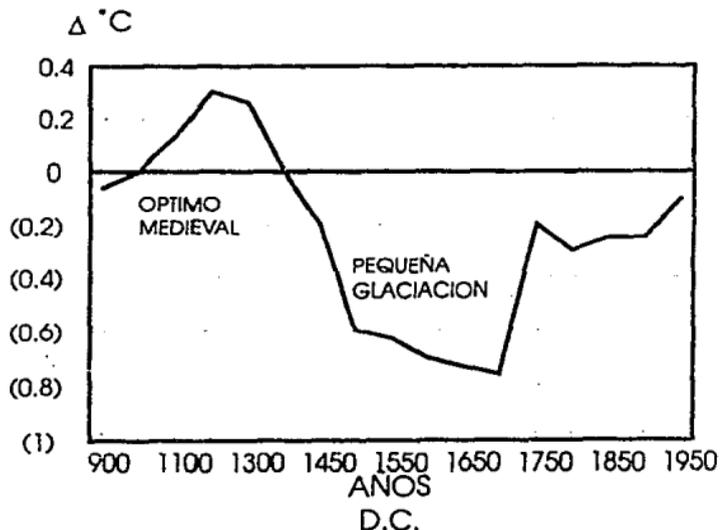
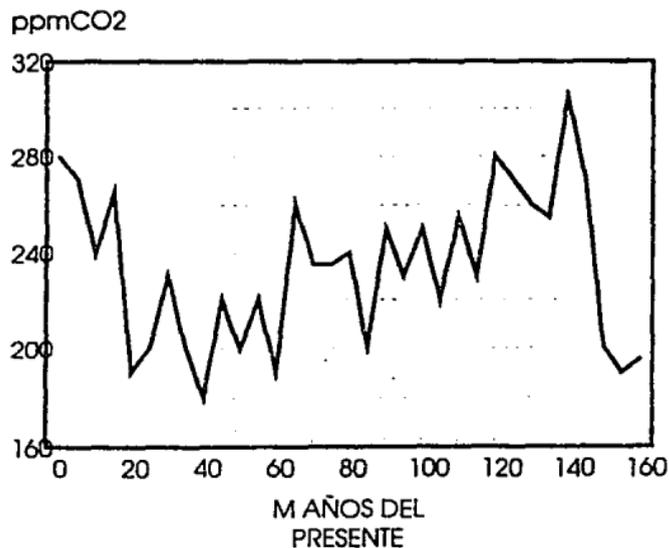
²⁹ Schnider S., Lander R., "The Coevolution of Climate and Life. Four Billion years of Wheter.," The Sierra Club, San Francisco, 1984.

³⁰ Hileman B., "Web of Interaction Makes It Difficult to Untangle Global Warning Data", Chem. Eng. News, Abril 27 de 1992.

³¹ Hileman, loc. cit.

CONCENTRACION DE CO₂ GEOLOGICO Y VARIACION DE LA TEMPERATURA HISTORICA

FIGURA 2.4



NOTA: LA BASE 0°C ES LA
TEMPERATURA DE 1900

tropicos. Climas más fríos y extremos regionales más extensos en precipitación pluvial se fueron desarrollando³². Aproximadamente hace 3 millones de años comenzó a disminuir la temperatura ambiental y sufrir el clima la experiencia de las eras glaciares, durante las cuales, capas de hielo cubren gran parte del hemisferio norte, al retirarse estos hielos toda la historia escrita humana ha ocurrido durante el actual periodo de tan sólo 10 mil años de duración, que es esencialmente un intermedio de una era glacial³³.

Una de las teorías de origen geológico que se ha manejado en los últimos años para explicar los cambios en el clima propone una disminución de la concentración del CO₂ en la atmósfera a largo plazo, lo que provocaría que se redujera una menor cantidad de calor y conllevaría a un enfriamiento de invernadero. La cantidad de CO₂ en escalas de tiempo de millones de años es controlada por dos procesos químicos principales³⁴: el principal es la estimulación química de las rocas continentales que remueven el CO₂ de la atmósfera y lo transportan en forma soluble al océano donde es tomado por la biota marina y depositado en forma de sedimentos en el suelo marino. La actividad tectónica eventualmente libera este CO₂ retenido de la siguiente manera: el movimiento de las placas de la litósfera de la tierra disemina éste en el suelo marino, donde hendiduras y salientes lo transportan hacia el interior caliente. En este lugar las rocas se funden, liberando el CO₂, el cual se difunde en la atmósfera durante las actividades volcánicas, completando el ciclo.

Si en realidad existe la diseminación³⁵ deben existir cambios en las concentraciones de CO₂ y, las temperaturas entonces deben tender a bajar dado su efecto termorregulador. Pero se ha demostrado que las rapidezces de disolución hacia el interior de la tierra los últimos 40 millones de años han permanecido constantes en promedio. De esta manera se concluye que la baja disolución química del CO₂ ha jugado un papel crucial en el enfriamiento global del planeta³⁶.

Los ecologistas han hecho críticas a la contaminación por CO₂ por su papel estratégico dentro del esquema del llamado "efecto de invernadero", sin embargo ellos mismos han hecho poco eco del

³² Véase la figura 2.4

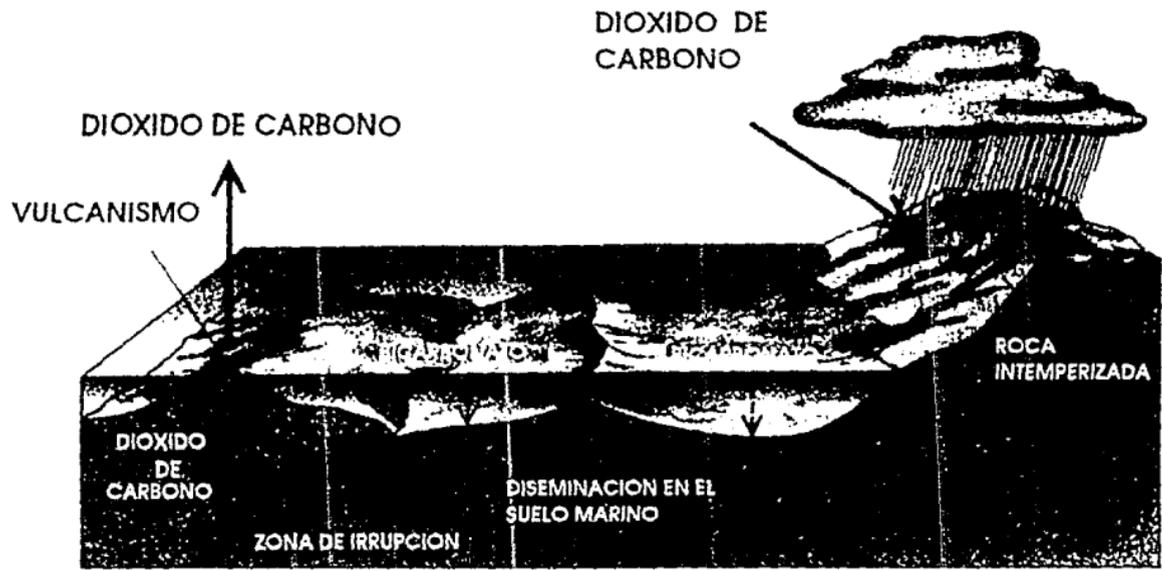
³³ *Ibidem*, figura 2.4

³⁴ Véase la figura 2.5

³⁵ Por lo tanto el transporte

³⁶ Véase la figura 2.5

FIGURA 2.5 CICLO GEOQUIMICO DEL CARBONO



Fuente: Beardslay T.

"CO₂ perdido". Todos los años 6 mil millones de toneladas de CO₂ se añaden a partir de la quema de combustibles fósiles. La deforestación y la erosión de la capa superficial del suelo añaden 3 mil millones de toneladas más. Pero la cantidad que aparece en la atmósfera cada año es de tan sólo 3.5 mil millones de toneladas. Se piensa que 1.5 mil millones de toneladas se disuelven en el océano. El resto, 4 Mil millones de toneladas, se desvanecen sin dejar rastro¹⁷.

Algunos investigadores piensan que los árboles pueden ser la pieza suelta del rompecabezas. Se ha empezado a reconocer que los bosques, son estimulados por los altos niveles de CO₂, de una manera más compleja de la que se había predicho¹⁸.

En la institución responsable de predecir el clima en E.U.A la National Oceanic and Atmospheric Administration de los E.U.A. se llevaron a cabo simulaciones por computadora para determinar el tamaño del "pozo" terrestre que retiene de 2 a 3 mil millones de toneladas del CO₂. A su vez para apoyar este trabajo en la Universidad de Duke se realizaron experimentos con abetos para determinar el "efecto de fertilizante" de las plantas un crecimiento más rápido con remoción acelerada del CO₂ de la atmósfera. Aún cuando no concluyen los experimentos éstos son esperanzadores¹⁹.

La reflexión que originan estos datos es que probablemente si los geólogos tienen razón, un control sobre todos los contaminantes no bioasimilables como son los NFMG, cetonas y aldehidos, y un confinamiento del CO₂ pueda ser el primer control no natural del clima en la historia del planeta. Limitar la emisión del CO₂ debe traer consecuencias desastrosas para la economía mundial, esta fue la posición oficial de los Estados Unidos en la conferencia de Río de Janeiro en 1992 y esta es la razón que ha causado un cerrado debate entre ecologistas e industriales de los países desarrollados.

En conclusión el problema más serio lo causan otros compuestos químicos como NO_x, NMOG y Hidrocarburos que contribuyen a la formación de ozono y no tanto el CO₂ como han propuesto los ecologistas.

¹⁷ Berardslay T., "Tracking the Missing Carbon", *Scientific American*, 264 (4), 9.

¹⁸ Berardslay, *loc. cit.*

¹⁹ Berardslay, *loc. cit.*

2.6 IMPLICACIONES POLITICAS Y ECONOMICAS DE LAS REGULACIONES AMBIENTALES EN EL MERCADO DE LA GASOLINA

Durante el verano de 1990 al mismo tiempo que "Clean Air Act", era analizada para ser aprobada, una cantidad importante de analistas económicos y políticos en los Estados Unidos discutían sobre los costos para su país de mantener cuantiosos subsidios militares y económicos a las naciones productoras de petróleo del Medio Oriente con objeto de sostener un precio razonablemente bajo para el petróleo importado⁴¹. Adicionalmente la polémica también se centraba en la paradoja que era el creciente malestar de las industrias de E.U.A. por la contradicción que significaba la imposición de crecientes límites ambientales por parte de la Environmental Protection Agency (EPA) y un alarmante rezago en la competitividad de las industrias americanas en comparación con naciones con niveles de control ambiental más estrictos como Japón y Alemania⁴².

En opinión del autor, durante mucho tiempo un número grande de las compañías americanas y un buen número de sus ciudadanos se habían dejado llevar por la idea de que el costo ambiental es un gasto y no un activo que puede generar beneficios. De hecho, el presidente estadounidense G. Bush seguía sosteniendo esta posición en la cumbre ambiental de mayo de 1992 en Río de Janeiro. Sólo un puñado de compañías, en esencia químicas y, básicamente las que producían plaguicidas, empujadas por la sociedad americana impactada por la Primavera Silenciosa⁴³, cambiaron sus métodos desde el principio de los años setenta. Otro caso es 3M, E.I. Dupont, Dow que creen que desarrollo económico y la protección ambiental sostenibles son misiones sociales no sólo corporativas. La emisión de la Clean Air Act, es por todo lo anterior un desafío social en sí para los Estados Unidos, por el número de habitantes involucrados en cumplirla, así como para la cadena productiva que debe sostener este esfuerzo, creando auténticos cruces de camino para la mercadotecnia, la ciencia y la tecnología, de la economía del país más poderoso de la historia.

⁴¹ Hubbard M. H., "The Real Cost of Energy", *Scientific American*, 264, (4), 1991, pp.18-23.

⁴² Porter M. E., "American green strategy", *Scientific American*, 262, (4), 1991, pp.96

⁴³ Carlson R., "Silent Spring", Houghton Mifflin, Boston, 1963.

2.7 LA GASOLINA

El principal producto de la industria petroquímica americana e internacional ha sido y es la gasolina para automotores⁴³. Su obtención y/o control ha sido causa de guerras, motivo de revoluciones y de análisis ejemplificadores clásicos sobre falta de visión de mercado y de creencia de producto único. La gasolina es en realidad no un producto, sino una mezcla de productos procesados a partir del petróleo crudo, que no es igual de un lugar geográfico a otro y que además tiene la tendencia de tener un comportamiento explosivo⁴⁴.

Su uso como combustible en automotores en forma intensiva ha cambiado la forma de vida de la sociedad occidental de tal manera que en la actualidad su uso es considerado estratégico para el desarrollo económico⁴⁵; sin embargo la intensidad de su consumo también ha creado fuertes problemas de salud y ecológicos, y dado que un alto número de empresas y gobiernos dependen de su disponibilidad y precio; en la actualidad es difícil preveer su eventual sustitución ó la declinación de su uso por otros productos en un periodo de tiempo real y a su vez demostrable. Adicionalmente las compañías productoras, desde principios de los años ochenta, están empeñadas en crear productos "menos dañinos para la ecología" dada la intensa presión social y política, a pesar de la incertidumbre sobre su consumo y sus costos. Sin embargo, el desarrollo histórico de la gasolina puede dar indicios acerca de como pueden evolucionar estas tendencias.

2.8 DESARROLLO HISTORICO DE LA GASOLINA COMO UN PRODUCTO DE CONSUMO:

En el año de 1916 Charles F. Kettering y Thomas Midgley Jr. después de una larga discusión sobre las explosiones en el auto de Kettering consideraban que éstas daban como resultado una pérdida de potencia, y él y Midgley decidieron probar varios aditivos en un pistón aislado de la máquina. En

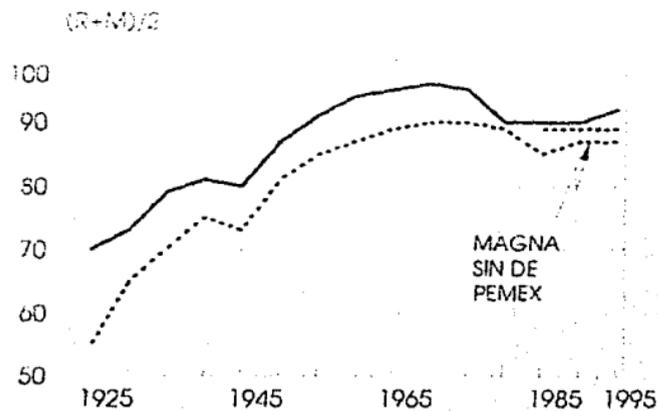
⁴³ Levitt T., "Miopia en la Mercadotecnia", Estrategias de Harvard, Gpo. Editorial Expansión, México 1990.

⁴⁴ Colucci, J.M. "Automotive Fuels for the 1990's Challenges and Opportunities". *Memorias de 1989 Petrochemical Review*, Houston Texas, Marzo 28-30 de 1989.

⁴⁵ Véase las figuras 2.6 y 2.7

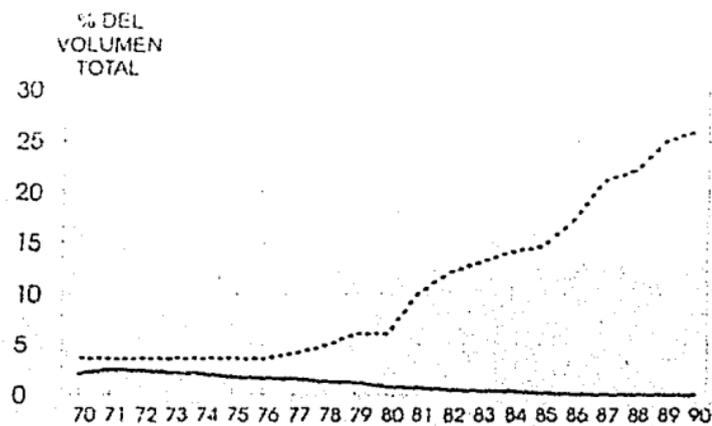
FIGURA 2.6

OCTANOS EN EUA
NUMEROS (R+M)/2
1925-1995



ESPECIAL	REGULAR	GRADO MEDIO
S/P DESDE 1980	S/P DESDE 1985	S/P DESDE 1992

MERCADO DE EUA GASOLINA PREMIUM Y GASOLINA PLOMADA

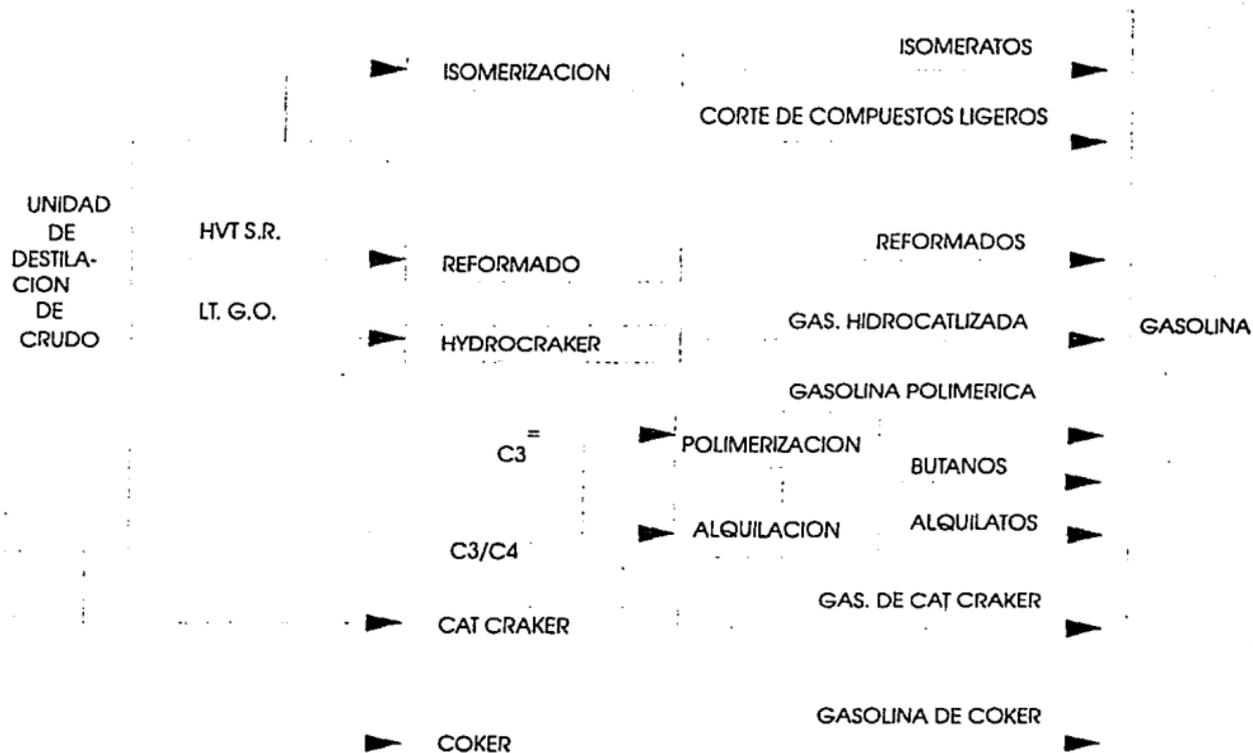


GASOLINA PLOMADA	GASOLINA PREMIUM
------------------	------------------

* GASOLINA PREMIUM SIN MTBE

FIGURA 2.7

PRODUCCION DE GASOLINA EN UNA
REFINERIA DE LA US GULF COAST



1920 descubrieron como producto antidetonante al tetraetilo de plomo. La primera gasolina plomada fue vendida en Dayton, Ohio en 1923. Al mismo tiempo, el gigante de la industria automotriz General Motors compró la compañía de Kettering, Dayton Electric Co. La principal compañía petrolera del momento, Standard Oil Co. compró el proceso de manufactura del tetraetilo de plomo y se formó un negocio de riesgo compartido (joint-venture) que tomó el nombre de Ethyl Gasoline Co. La escala de octanaje que mide la calidad de la gasolina fue desarrollada por el Dr. Graham Edgar de Ethyl Gasoline, proporcionado a la Industria un método consistente para medir las explosiones características de la gasolina y un nuevo producto que el mercado ya demandaba.

Las explosiones en el motor de gasolina son indeseables ya que dan como resultado una pérdida de potencia y en algunas ocasiones un daño al motor de combustión interna, además del ruido que produce el vehículo al circular. El compuesto químico 2,2,4-trimetilpentano (comúnmente llamado iso-octano) fue seleccionado con el número arbitrario de 100 mientras que el n-heptano se le asignó el número de cero. Así una mezcla de un volumen con 90 tantos de iso-octano y 10 tantos de n-heptano fueron necesarios para igualar las condiciones de explosión de una gasolina patrón; de esta forma se concluyó que la gasolina patrón tenía un número de octanaje de 90. Los compuestos químicos⁴⁶ crearon una escala de referencia primaria del tipo de combustible; la suma de los octanos que generan se mide contra su eficiencia de operación⁴⁷.

Esta escala se aplica tanto para el número de investigación (RON), como para el número de motor (MON). Hoy en día muchas de las referencias de número de octanaje son el promedio entre el de investigación y del motor $(RON)/2$ y se les describe como números de octanaje para carreteras. Los métodos para determinar los RON y los MON están descritos en los estándares americanos ASTM D-2699-82 y D-2700-82.

El número de octano de la gasolina comercial se mejoró de manera considerable y continua entre 1925-1970 excepto durante los años de la segunda guerra mundial⁴⁸. Este espectacular desarrollo en la

⁴⁶ iso-octano y n-heptano

⁴⁷ Avance mecánico que genera la gasolina

⁴⁸ *Ibidem*, figura 2.6

calidad de la gasolina da la posibilidad a las compañías automotrices de desarrollar motores de mayor eficiencia y más pequeños. Los nuevos, y pequeños motores que han aparecido desde 1925 tienen un mayor grado de compresión debido a un diseño mejorado globalmente que permite una gasolina de alto octanaje. Con esta mejora al motor fue posible la adición de muchos accesorios de confort humano, como la transmisión automática, aire acondicionado, y economía de combustible sin precedentes.

Aún en la actualidad es difícil encontrar un sustituto para medir la calidad básica de la gasolina que no sea el número de octanaje, por lo que es previsible que permanezca como el barómetro en el futuro, pero para el tiempo inmediato algunas características no importantes en otros tiempos serán las determinantes para seguir en el mercado de gasolinas. Las fuertes presiones sociales han forzado a los fabricantes de automóviles a efectuar una serie de cambios en los motores. Algunas de las exigencias sociales y mercadotécnicas más importantes que se han detectado se describen a continuación:

- Ozono (cumplimiento con regulaciones atmosféricas)
- Satisfacción del cliente y operabilidad:
 - Eficiencia
 - Kilometraje

2.9 CARACTERÍSTICAS DEL MERCADO NORTEAMERICA

Las explosiones fuera de tiempo en los motores y una baja eficiencia de operación, son los problemas más comunes a lo largo de la historia automotriz, que resultan del uso de gasolinas de bajo octanaje. Los formuladores americanos de gasolinas, se han visto forzados por estas razones a mejorar la calidad de sus gasolinas añadiendo sustancias que aumentan el número de octanaje de sus productos, tales como alquilo de plomo. Durante más de sesenta años, la gasolina plomada se mantuvo como el producto líder de la industria de la gasolina en Norteamérica, sin embargo después de un periodo mayor a una década de una presión mundial sobre la reducción y/o sustitución de plomo en gasolinas los formuladores de Norteamérica han comenzado a investigar alternativas para

seguir conservando niveles aceptables de número de octanaje en sus productos. En E.U.A.⁴⁹ por ejemplo; a partir del 1 de Julio de 1985 los formuladores de gasolina se ven forzados por las regulaciones de EPA a que sus mezclas contengan tan sólo 0.50 g de Pb/galón y a partir del 1 de Enero de 1986, menos de 0.10 g de Pb/galón hasta un valor de cero en Enero de 1992.

Los compuestos oxigenados han sido parte de la estrategia de la gasolina en los E.U.A. desde el final de los años 70; introducidos inicialmente como un producto de especialidad, en la actualidad son un hecho para lograr el aumento del número de octanaje, sin la adición de alquilos de plomo. Algunas de las alternativas presentadas por los formuladores de gasolinas son muy básicas como son mejoras al proceso de refinación de petróleo que se presentan en el diagrama simplificado de una refinería en la figura 2.7⁵⁰. Sin embargo como esto no fue suficiente, la adición de compuestos que aumentan el número de octanaje con alto contenido de oxígeno como el MTBE, el etanol, el metanol, TAME y en nuestro estudio el ETBE, se ha vuelto cada vez más crucial en la operación del negocio de gasolinas. Todos los combustibles oxigenados reducen las emisiones de CO e hidrocarburos, pero algunos poseen mejores condiciones de mezcla que otros.

Las mejores condiciones de mezcla están relacionados con un mejor desempeño en los nuevos motores de inyección electrónica de combustible que optimiza la energía con un mínimo de desperdicio. Adicionalmente, ciertos alcoholes como el metanol requieren un co-disolvente para evitar mezclas azeotrópicas con el agua, además de que el propio metanol y el etanol tienen presiones de vapor de operación demasiado altas⁵¹, el límite legal es para Rvp igual a 9.0⁵².

⁴⁹ Véase la figura 2.6.a

⁵⁰ Las tecnologías conocidas como *Reformate*, *Cat-cracked gasolines*, *Cat-hydrocracked streams*, *Isomerates & alkylates*

⁵¹ Conocida como, Rvp. presión de vapor Reed

⁵² (Colucci, 1989)

Sustancia	Reactividad Atmosferica	RVP (lb/in ²) de mezcla
Metanol	1	60
Etanol	3.4	18
MTBE	2.6	8
ETBE	8.1	4

Los combustibles oxigenados poseen además una característica única con respecto a las gasolinas estándar, éstos son menos fotorreactivos que muchos de los mejoradores de octanaje tradicionales incluyendo los compuestos aromáticos, lo que conlleva una reducción inmediata del ozono producido por automotores³³, y adicionalmente es menos contaminante dado que la evaporación de la gasolina es más difícil.

A partir de 1990, en Estados Unidos de América el compuesto oxigenado que se seleccionó como estándar fue el MTBE. Esto se favorece en primer lugar por el relativamente bajo costo del metanol y la disponibilidad inmediata de isobutilenos de muchas tecnologías de refinación (Catalytic Cracking, Steam Cracking Fractions). Pero ahora que se ha reformado la ley de subsidios al alcohol (ver apéndice A) la posición de ETBE comienza a ser más atractiva para los formuladores de gasolinas. Dentro de los problemas de toxicidad de la gasolina actual destaca el del contenido de compuestos aromáticos en la fórmula de gasolinas, situación importante por sus implicaciones económicas y por sus efectos sobre la salud³⁴. Por estas razones se ha reglamentado el uso de compuestos aromáticos, pero hay variaciones en las leyes sobre el particular en cuanto a su rigurosidad; así por ejemplo en el estado norteamericano de California, líder de reformas de índole ecológico, se especifica que el contenido de estos compuestos debe ser menor a 1%. Se cree que esta reglamentación tendrá fuerte influencia sobre el resto del país (E.U.A.) y sobre la Unión Europea³⁵.

³³ Brockwell H.L., Saraty P.R., Trotta R., "Synthesize ethers", *Hydrocarbon Processing*, Septiembre 1991, 133-141.

³⁴ Por ser fuente de enfermedades cancerígenas

³⁵ Janes T.H.M., "European Aromatic Outlook", *Memorias de 1990 Petrochemical Review*, Houston Texas.

2.10 DIFERENCIACION DEL MERCADO: EL CASO DE PEMEX

Según Porter³⁶, una compañía se diferencia de sus competidores cuando ofrece algo único que sea de valor para sus compradores, más allá de un bajo precio. La diferenciación es uno de los dos tipos de ventaja competitiva que una compañía puede poseer.

En el momento actual PEMEX, la compañía estatal mexicana, está más preocupada en satisfacer la demanda de gasolina doméstica que en ofrecer diferenciación de sus productos, motivo por el cual puede quedar en desventaja grave en el caso en que dejara de ser un productor único. Como ejemplo, en México la compañía paraestatal PEMEX dice que en 1993 la oferta de la gasolina MAGNA SIN será del 45% de la producción y que su contenido de plomo será de 0.01 g/galón, su Rvp entre 7 y 9.5 y 87 octanos³⁷. Esto equivale a una gasolina oxigenada estándar para el mercado americano, apenas es una gasolina normal poco diferenciada con respecto de los tipos americanos premium más rentables.

La estrategia que PEMEX ha seguido es similar a la instrumentada por los pequeños formuladores americanos. Ellos requieren altos márgenes de ganancia para operar, dados sus altos costos limitaciones en la inversión para construir nuevas instalaciones y su régimen legal de formular gasolinas sin ninguna regulación en cuanto al contenido de olefinas y compuestos aromáticos³⁸. Esto redundará en obtener un producto similar en precio al americano pero inferior en cuanto a su funcionalidad en la reducción de contaminantes, en especial al ozono.

Cuando opere el Tratado de Libre Comercio de América del Norte³⁹, PEMEX necesitará hacer una serie de alianzas estratégicas, para no perder un volumen importante de consumo que será amenazado por las más estrictas regulaciones de la EPA.

Marzo 27-29, 1990.

³⁶ Porter M. E., *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press, Boston 1985

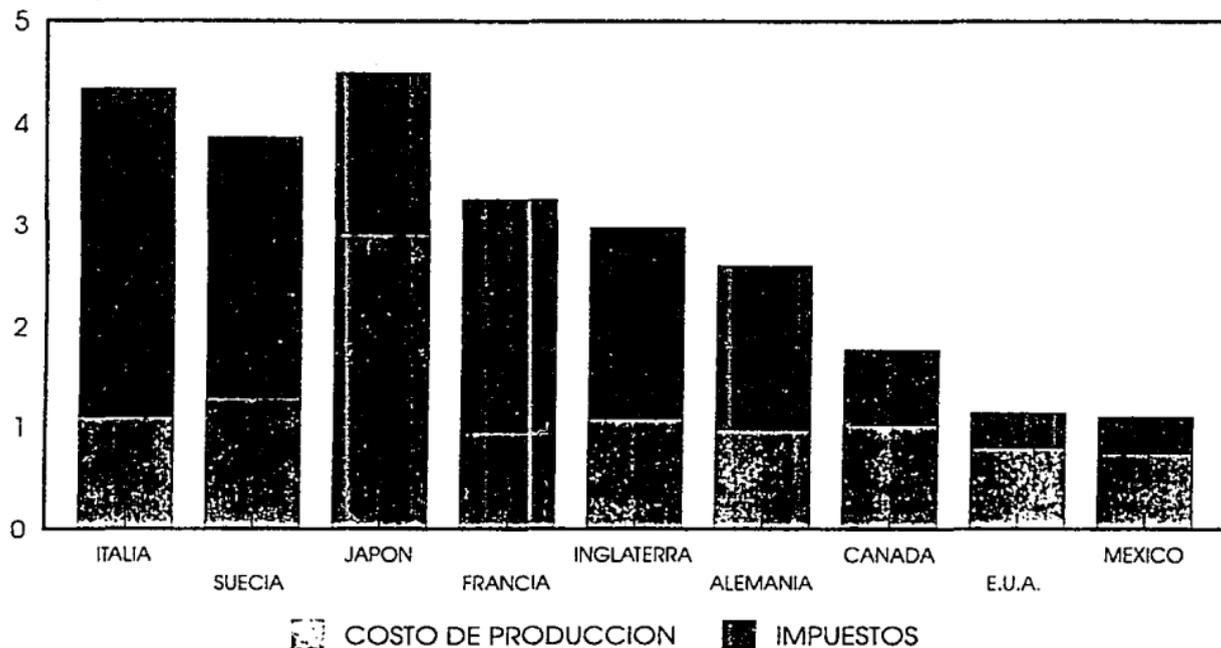
³⁷ Novedades 1 agosto 1992

³⁸ Véase la figura 2.8

³⁹ NAFTA, por sus siglas en inglés

FIGURA 2.8
PRECIOS INTERNACIONALES DE GASOLINAS
EQUIVALENTES A LA MAGNA SIN DE PEMEX

US \$/GAL



FUENTE: Novedades 1 de Agosto de 1992

2.11 MERCADO DE EUROPA OCCIDENTAL

En Europa Occidental, las regulaciones ambientales en general son más indulgentes que en los E.U.A. en cuanto a los límites de plomo en gasolinas⁴⁰, además de que hay variaciones de un país europeo a otro. Pero es previsible un aumento en las restricciones al plomo así como el uso obligatorio de convertidores catalíticos en automóviles, lo que disminuirá el consumo de alquilos de plomo y aumentará el uso de mejoradores de octanaje alternos.

El MTBE es el agente de mezcla más importante en Europa Occidental. Los formuladores lo prefieren a otros compuestos oxigenadores por la ausencia de problemas de separación de fases⁴¹.

Europa Occidental, a diferencia de América del Norte debe pensar en toda operación petroquímica y refinación en términos de materias primas importadas⁴², y por lo tanto sus productos intermedios y finales han tenido históricamente en términos relativos mayor costo y menor disponibilidad que los de América del Norte que utiliza materias primas locales⁴³.

Dada esta situación, en dicho continente la baja disponibilidad de corrientes de C4 a precios aceptables puede ser un factor limitante en el aumento del consumo de MTBE. El etanol y el metanol no se consideran por motivos de precios relativos al MTBE y para el ETBE no existe todavía un productor. Debido al precio del Nafta, más el problema del contenido de compuestos aromáticos, la formulación de gasolinas en Europa tiene singulares caminos, en general las pequeñas refinerías del continente europeo no tienen capacidad técnica para reducir su costo de producción más allá de 5 USC a los niveles actuales. Las grandes refinerías por otro lado, en la actualidad pueden hacer reducciones de hasta 35 USC pero con un costo fijo adicional de 5 USC/gal⁴⁴. Pero la verdadera fuerza impulsora de cambios tiene origen social y de mercado más que en los costos, si se piensa que dentro de la Unión Europea existen dos tendencias sobre el particular, no existen áreas que sean similares a las de California o a Colorado, ejemplos básicos dentro de

⁴⁰ Entre valores de 0.15 a 0.40 g de Pb/galón

⁴¹ El fenómeno de azotropía se presenta debido a dos características de Europa, veranos muy calientes, con humedades relativas muy altas que favorecen la formación de fases, dentro de los tanques de almacenamiento y en los motores de combustión, generando en la operación lo que se llama cascabeleo.

⁴² Léase Nafta de petróleo

⁴³ Léase gas natural

⁴⁴ Janes, loc. cit.

la *Clean Air Act* y por lo tanto no deberían ser objeto de una rígida regulación. No obstante en el Continente Europeo se encuentran ubicadas las asociaciones ambientales más agresivas internacionalmente y por otro lado, los fabricantes europeos de automóviles para enfrentar el desafío japonés que está creando una nueva generación de autos de alta eficiencia junto con motores de alta compresión que requieren gasolinas de alto octanaje⁶⁵. Esta situación puede obligar a los productores europeos de gasolinas a entrar a un negocio, aún cuando exponga estratégicamente a los pequeños productores europeos a las importaciones de otras regiones con mejor estructura de costo y por lo mismo, a tener que imponer políticas de mercado que les asegure sus sobrevivencia.

2.12 MERCADO JAPONES

En Japón, en contraste tanto con Norteamérica como con Europa Occidental, no se usan alquilos de plomo o agentes de mezcla oxigenados para mejorar el número del octanaje de sus gasolinas. Esto se debe a que muchos de los diseños de fabricantes de autos japoneses no requieren una gasolina de alto octanaje como las que requieren sus contrapartes americanas y europeas y, por otra parte las necesidades de los autos viejos han sido cubiertas con las mejoras a los procesos de refinación. Por esto una gasolina de alta calidad en Japón es aquella con 100 RON.

Sin embargo, ante el aumento del nivel de vida en Japón, los compradores de automóviles comienzan a exigir autos similares a los que circulan dentro de la Union Europea y en Norteamérica, por lo que los productores japoneses de MTBE están empezando a operar pequeñas plantas. Sin embargo, el gran consumo de este producto vendrá de las joint-ventures con SABIC (Arabia Saudita).

2.13 CONCLUSIONES DE LAS TENDENCIAS EN EL NEGOCIO DE LAS GASOLINAS

La perspectiva de la IQM en el transcurso de 1990 señala que existen dos grandes fuerza conductoras. Por un lado se encuentra el NAFTA, con sus implicaciones comerciales y financieras que

⁶⁵ Janes, loc. cit.

son irreversibles para las estructuras de competitividad y liderazgo de mercados regionales en norteamérica⁶⁴. La otra gran fuerza conductora son las regulaciones ambientales que al no ser predecibles a corto plazo requieren cambios en la innovación tecnológica y mercadotécnica de tipo incremental para poder seguir participando en un negocio tan rentable como lo es la producción y venta de productos petroquímicos.

Los dramáticos cambios para los formuladores de gasolina en Norteamérica son un aviso de que no existe garantía contra la obsolescencia; ya Thodore Levitt⁶⁵ en su trabajo clásico de mercadotecnia ha advertido que la industria de refinación de petróleo jamás ha sido una industria de crecimiento continuo. Ha crecido azarosamente, salvada siempre milagrosamente por desarrollos e innovaciones que ella no produjo. Los productos oxigenados MTBE y ETBE, por ejemplo, fueron desarrollados a principios de los años 80, por UOP y HÜELS. Hoy en día otras compañías como Rhom & Haas e ICI han desarrollado una nueva generación de catalizadores pero éstas son industrias químicas y de ingeniería, no de petroquímica.

Para los formuladores de gasolinas por lo mismo, las regulaciones ambientales los impulsarán a realizar grandes inversiones, éstas leyes al ser poco precisas en su redacción y frecuentemente poco consistentes entre niveles, municipales, estatales y federal en general para todo norteamérica. Crean una situación que seguramente empujará de manera continua a una segmentación y fragmentación del mercado que no todas las compañías comprenderán y por lo mismo, tendrán que salir del negocio.

Otra situación limitante en este negocio en el futuro será la búsqueda de nuevas formas de abastecerse de materias primas, el isobutileno un producto sobrante de refineries que se quemaba antes de 1987, ahora comienza a ser insuficiente y se empieza a producir por métodos convencionales lo que eleva su costo de manera ostensible. El metanol un producto químico industrial que es

⁶⁴ KPMG Peat Marwick, "The effects of a free trade agreement between the U.S. and Mexico", N.Y. 1991, United States General Accounting Office (US GAO): Report to the Chairman, Subcommittee on International Economic Policy and Trade, Committee on Foreign Affairs, House of Representatives. "U.S.-Mexico Energy: The U.S. Reaction to Recent Reforms in Mexico's Petrochemical Industry", Washington D.C., Septiembre de 1991.

⁶⁵ Levitt, loc. cit.

abundante lejos de los centros de consumo, será difícil de obtener para compañías regionales como PEMEX, lo que se convertirá en la ventaja diferencial de los grandes productores globalizados.

PEMEX, de ahora en adelante deberá pensar cómo actuaría el nuevo consumidor mexicano dentro del NAFTA, siendo que el principal mercado del país será muy parecido en cuanto a necesidades a alguna de las 40 ciudades americanas que no cumplen con las regulaciones de la EPA con respecto al ozono y a las 90 que no lo hacen con respecto al monóxido de carbono. En la medida que comprenda esto, permanecerá en el mercado.

ANALISIS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA

3.0 PANORAMA ACTUAL DEL MERCADO DOMESTICO

La Industria Azucarera Mexicana (IAM) -400 años de tradición-, de la dependen dos millones de personas, 60 mil puestos de trabajo cada año, 13 mil familias involucradas y ventas por 350 millones de nuevos pesos (1992) - atraviesa la más grave crisis de sus historia, sin que se vislumbre una solución cercana. Actividad económica ligada siempre a los problemas de la propiedad de la tierra, la producción de la caña de azúcar es en nuestro continente herencia del sojuzgamiento que dejó la época colonial, al igual que lo fue la Minería.

En los tiempos recientes -por hablar del último medio siglo- la actividad cañera ha pasado de los cacicazgos familiares a la abierta subvención de un Estado que por largo tiempo protegió la ineficacia, hasta la adjudicación por parte del sector público, de una maquinaria productiva deformada por vicios, defectos y problemas. En el campo y el ingenio se mezclan todos los conflictos imaginables: desde la explotación campesina hasta las prácticas de una comercialización laberíntica y especulativa¹. A los problemas de propiedad estatal, cuya solución única se pensó sería la privatización absoluta, hay que añadir el enorme endeudamiento de los empresarios que no pudieron salvar a la Industria que habían detentado y, en algunos casos perdido.

De esta manera la comercialización orientada a la especulación con el producto, ha hecho que la producción sea manipulada y dadas sus condiciones de obsolescencia y

¹ Época, "El Azúcar Mexicano: Entre el Desorden y la Sobreoferta", 24 de Junio de 1991, 8-11

descapitalización, ha originado primero una baja de utilidades y después una baja de producción por la orientación de los campesinos hacia otros productos menos conflictivos. Debido a problemas de rentabilidad y por lo consiguiente baja inversión, tanto en el campo como en el ingenio, la producción de azúcar ha caído 16 por ciento en los últimos años. Por eso México pasó, de ser exportador neto de azúcar, a uno de los principales compradores del dulce en el mercado internacional¹. Según Bancomer², el segundo banco en tamaño de México, el azúcar es de los peores productos de consumo en México en cuanto a precio competitivo se refiere⁴.

El azúcar visto en la perspectiva de producción/consumo³, ha tenido un crecimiento sostenido en su consumo del alrededor del 2.2%, en cambio el patrón de consumo industrial se ha visto mermado por los desabastos no obstante su relativo bajo precio y como se explicará en este capítulo ha puesto a los productores del dulce en una exposición ante eventuales sucedáneos.

3.1 SITUACION SOCIAL Y TECNOLOGICA

La IAM es por lo tanto una industria madura que debe enfrentar severos problemas internos en su estructura productiva. Para entender sus soluciones analicemos primero los problemas sociales de toda la cadena del valor del azúcar en México.

La producción de azúcar en México se realiza únicamente a partir de caña de azúcar. El cultivo de la caña es intensivo en el uso de la tierra y mano de obra; genera de dos a siete empleos por hectárea sembrada, dependiendo del grado de mecanización, más aquéllos pertenecientes a la molienda y refinación. El rendimiento de la caña es altamente

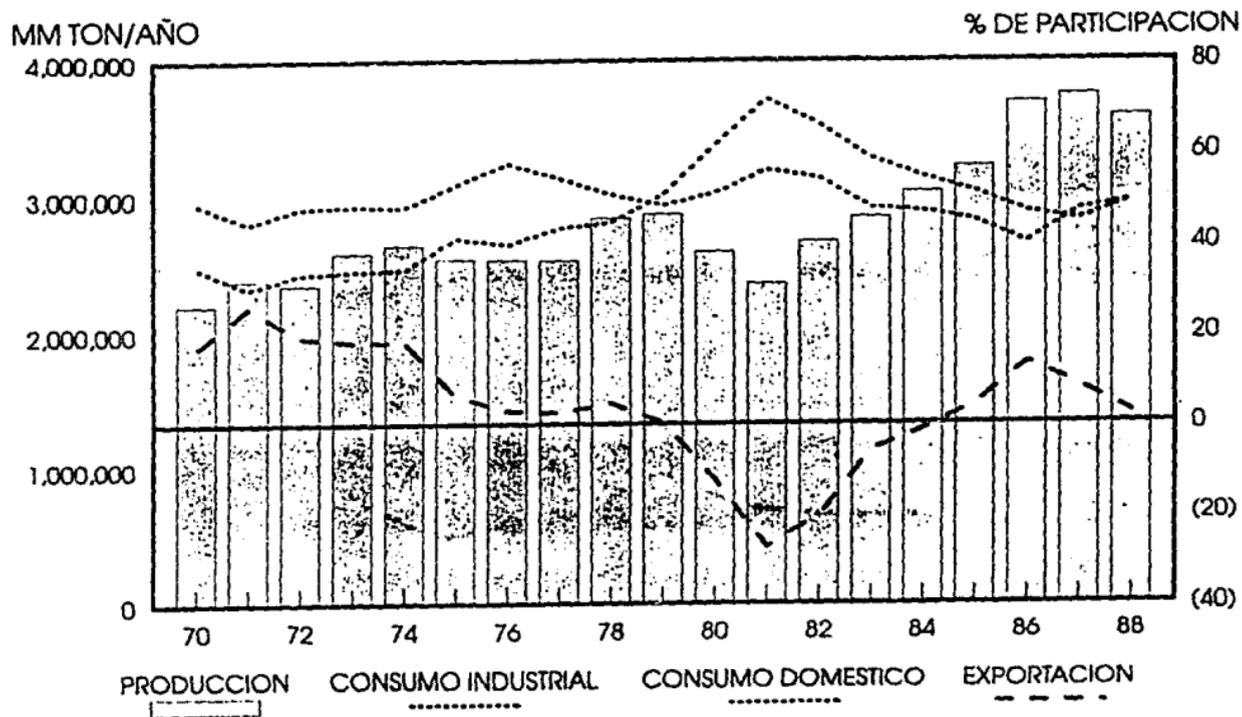
¹ Véase la figura 3.1

² Brito J., "Fuerte impulso a 15 ciudades", *Excelsior* 27 de Diciembre de 1992.

³ Transfiriendo sus incrementos al consumidor

⁴ *ibidem*, figura 3.1

FIGURA 3.1
MERCADO MEXICANO DEL AZUCAR



susceptible a los factores naturales inherentes al cultivo (por ejemplo, heladas inundaciones, retrasos en el corte) y a la oportunidad y características de los procesos de refinación.

El azúcar refinada de caña de azúcar se obtiene en un proceso de dos etapas. En la primera se extrae por compresión, se clarifica, se concentra y finalmente se cristaliza. Se obtiene así azúcar cruda y melazas de diversos grados de calidad. El azúcar cruda se refina mediante una serie de purificaciones que incluyen combinaciones de centrifugación y lavados, clarificación, filtración, decoloración y cristalización para dar lugar al azúcar blanca refinada.

Dado que la forma de producción anterior no ha cambiado en lo esencial en siglos, se han generado un número de dificultades socioeconómicas a las que se enfrenta la IAM en especial y México en general, donde hay dos que sobresalen: la incapacidad para proporcionar oportunidades de empleo productivo a una parte importante de la fuerza de trabajo y, el fracaso en lograr que el grueso de la población de trabajadores participe plenamente de los beneficios del crecimiento económico de la industria, evitando el surgimiento de una productividad que impulse a la industria más allá de sus limitaciones.

De esta manera la IAM es una industria madura que posee tecnología obsoleta y que depende en demasía de mano de obra barata y de cuantiosos subsidios federales para mantener un margen de rentabilidad para sobrevivencia. Otro aspecto es el corporativismo del sindicato azucarero que mantiene una enorme cantidad de trabajadores sin capacitación y por otro lado los ingenios tienen una incapacidad de crear avances tecnológicos aditivos en la industria del azúcar, cerrándose un círculo vicioso que devasta la industria.

Una consecuencia inmediata de lo desfavorable y desastrosa que ha sido la educación y capacitación en general de los involucrados en la industria, es que no se puede hablar de una ciencia y tecnología del azúcar, ni en el aspecto técnico, ni tampoco en el aspecto

mercadotécnico, por lo que no hay un nivel de competitividad adecuado para enfrentar a los competidores comerciales internacionales y a los sucedáneos extranjeros, ni tampoco de mirar futuras "ventanas de oportunidad".

Parte del problema ha sido el erróneo concepto que prevalece en México de que la ciencia es un gasto, y no un activo nacional, que es sólo responsabilidad del gobierno, y que las personas físicas y morales como contribuyentes fiscales deben esperar un gran avance en favor de las mayorías nacionales desde el ámbito de las universidades. Las empresas también frecuentemente eluden sus gastos en investigación y desarrollo basados en el relativo bajo costo de importar tecnología "ya probada", y no arriesgar un solo peso en inversiones de alto riesgo, a diferencia de sus competidores que gastan altos porcentajes de sus utilidades en tener nuevas y perdurables ventajas competitivas.

A continuación se describen hechos concretos de realidad nacional.

- ♦ Existe una escasa repercusión en el campo de la tecnología de los planes de desarrollo científicos-tecnológicos implementados por CONACyT en parte por el fracaso del acoplamiento necesario entre empresas y la infraestructura científico-tecnológica del país (sea privada o pública). Un ejemplo muy difundido es la escasa contribución del Instituto Mexicano del Petróleo a la Petroquímica Básica de antes de 1988, y desde luego, un aporte nulo a la industria petroquímica posterior. Una razón podría ser la falta de entendimiento de la sociedad mexicana al trabajo científico en contraste con la comprensión a la labor tecnológica. Ya que la ciencia se desarrolla en el ámbito aislado de una Universidad, una academia o un laboratorio, lo que la opinión pública ha llamado "su torre de marfil", a diferencia de la tecnología que necesita realizarse en un espacio social muy vasto, el de la cadena del valor⁴, y por tanto más fácil de convertir en un activo. En síntesis, hasta

ahora la tecnología se ha manejado como un dato más que como una variable operativa a la que se deben aplicar herramientas de política financiera si realmente se quiere llegar a una realidad social.

- ◆ Muchas de las grandes empresas públicas que son consumidoras de Tecnología (como PEMEX y la CFE), se comportan frecuentemente en forma extremosa con respecto a la Ciencia y Tecnología, por un lado son incapaces de entender cuál es la necesidad real de la empresa para adquirir tecnologías operativas y rentables, y por otro lado son temerosos para el uso de tecnologías domésticas, aún cuando representen avances sustanciales con respecto a la tecnología comercial disponible, desmintiendo así el supuesto de que la nacionalización de una unidad productiva basta para terminar con su dependencia tecnológica.
- ◆ El costo de adquisición de tecnología en general para cualquier industria en la actualidad es más alto en términos reales que en el pasado, dada la tendencia a la globalización de las industrias y la formación de bloques comerciales de los países. Así empresas de presencia regional o nacional cada vez quedarán más limitadas para sus compras de tecnología en el mercado abierto y en dado caso será obsoleta o poca competitiva con respecto a la que tienen sus competidores.

Con un panorama social tan confuso es difícil pensar cómo ciencias puras, como la microbiología y la genética, junto con tecnologías como la ingeniería química y la biotecnología puedan llegar a espacios sociales amplios y a la vez generar riqueza en una industria tan productiva como es la generación de energía para la industria de las comunicaciones.

* Porter 1985, loc. cit..

Sin embargo desde 1988 la apertura comercial en numerosas industrias ha aflorado, el problema de falta de recursos humanos para crear estrategias tecnológicas que pueden crearles ventajas comparativas contra los competidores del exterior, dado que existen muchos nichos de mercado importantes donde la importante la economía de escala los precios bajos no representan una barrera de entrada, justamente la posición de las empresas regionales.

3.2 LA PRIMERA COMPETENCIA: LA REVOLUCION VERDE

En los últimos 30 años, aproximadamente, México ha logrado un notable progreso en la expansión de la capacidad para producir alimentos, pero aún subsisten serios problemas. Después de haber llevado a cabo una revolución agrícola, el país está urgido de hacer otra, una revolución legal y mercadotécnica. Es esta paradoja lo que hace que la historia del desarrollo agrícola de México represente un caso particularmente instructivo en un examen sobre el estado de la agricultura mundial⁷.

El gobierno mexicano hasta antes de 1988 mantuvo una triple política agrícola:

- 1) producir suficientes alimentos y fibras para satisfacer las necesidades de una población creciente;
- 2) sembrar cultivos que puedan ser exportados para obtener más divisas del extranjero;
- 3) aumentar el ingreso y el bienestar de la población rural

Durante los años de la década que empezó en 1930 y en los primeros de los 40, la producción de alimentos en México se había estancado. Hacia 1945 el país importaba entre el 15 y el 20 por ciento de sus cereales, para poder satisfacer la demanda de alimentos de sus

⁷ Por este trabajo, Wellhausen recibió el premio Nobel de la Paz en 1972, el lo describió en Wellhausen E.J., "The Agriculture of Mexico". *Scientific American*, 235, (3), 128-133, 1976.

22 millones de habitantes. Esta situación cambió drásticamente en las dos décadas siguientes, en las que hubo un sorprendente auge en la producción de alimentos básicos.

Para 1960 el déficit de alimentos había desaparecido. En 1965, la oferta de alimentos empezó a exceder la demanda doméstica y durante los siguientes 5 años fueron exportadas considerables cantidades de maíz y de trigo.

Posteriormente, al final de la década de los años 60, este crecimiento dinámico empezó a perder impulso y al comienzo de la década de los 70, México tuvo que importar de nuevo entre 15 y 20 por ciento de la producción de granos.

Estos extraordinarios logros han sido mencionados en círculos internacionales como la "revolución verde"¹. No obstante que intervinieron muchos factores económicos, políticos y sociales, los progresos fueron impulsados en gran medida por la combinación de tres factores tecnológicos:

- i) el desarrollo de nuevas variedades de plantas;
- ii) el desarrollo de un "paquete" mejorado de prácticas agrícolas, que incluyen mejor uso del suelo, adecuada fertilización y más control efectivo de malezas e insectos, todo lo cual hizo posible que las variedades mejoradas alcanzaran plenamente su potencial de alto rendimiento;
- iii) una relación favorable del costo de fertilizantes y otras inversiones con el precio fijado por el producto del agricultor.

Otro factor importante para estos logros fue el intensivo entrenamiento de personal. Cerca de 750 jóvenes, hombres y mujeres participaron directamente en las fases de campo y laboratorio a lo largo de 16 años que duró el programa. Mucha de la investigación de campo

¹ Sobre esta revolución el autor ha recibido numerosos comentarios, los humanistas piensan que es un desastre México, algunos agrónomos y científicos a su vez la ubican como la primera revolución industrial de la agricultura

se realizó con los agricultores más progresistas. En 1952 muchos de los jóvenes en entrenamiento se integraron a la campaña de producción iniciada por la Secretaría de Agricultura, para ayudar a los agricultores a aplicar el nuevo conjunto de técnicas o prácticas que ellos habían contribuido a desarrollar. Pero al final de la década de los años 60 pudo verse que el impacto de esta revolución agrícola fundada en la tecnología llegaba a su fin⁹.

La situación política en la agricultura anterior a 1988 puede atribuirse en parte a cambios de la política gubernamental respecto a la producción de cereales y su relación costo-precio para los consumidores finales, pero la problemática tiene más antecedentes. Un análisis cuidadoso demuestra que la revolución productiva tuvo éxito principalmente entre los agricultores mayores, más vinculados al comercio, que estaban en mejor situación para adquirir fertilizantes y hacer otras inversiones. Más aún, como era de esperarse, la nueva tecnología prosperó mejor en las áreas donde los riesgos de producción eran más bajos y las perspectivas de ganancias eran más altas. No todos los agricultores resultaron beneficiados en igual medida con los adelantos técnicos.

La revolución verde es el primer ejemplo de un gran problema que aqueja a todas las industrias en general en México, el alto costo de capital para proyectos productivos, esto dicho de otra forma, el acceso de recursos deberá hacerse en nuevas e ingeniosas formas de asociación que en el pasado no estaban consideradas.

Una recomendación de muchos especialistas que reflexionan sobre el fenómeno, es que a pesar del gran esfuerzo que se está haciendo para mejorar la enseñanza rural, el nivel educativo de los grupos campesinos en la categoría de semicomercial y de subsistencia, continúa siendo muy bajo. Será más fácil convertir a la población dedicada a la agricultura

⁹ Wellhausen, loc. cit.

de subsistencia en las regiones de producción marginal en una fuerza de trabajo agrícola razonablemente productiva, que tratar de incorporarla al mundo industrial. Resulta esencial por todo esto, que el propio sector agrícola cree más oportunidades de empleo productivo y de alta especialización en su propio ámbito social, y esta debe ser la directriz laboral y financiera de la IAM.

3.3 FACTORES DE LA INDUSTRIA

El gobierno ha cambiado la ley en los últimos años¹⁹, con la idea de estimular la competitividad de la industria agrícola. Sin embargo mucha gente cree que esto no es suficiente, y la única forma de que aumenten los recursos económicos que se destinan al campo es respaldar plenamente las leyes sobre la seguridad de la tenencia de la tierra, como una demanda de los inversionistas privados para arriesgar sus capitales. Un factor desfavorable de estas tendencias microeconómicas, es que el estado no ha comenzado el desmantelamiento de las estructuras corporativas sindicalistas por motivos políticos. Es necesario recordar que el 80% de votos que obtuvo el presidente de la República Salinas de Gortari fueron campesinos, lo que le resta credibilidad política al gobierno y hace aumentar las tasas de interés para el sector, dado que la incertidumbre crece para las instituciones financieras.

Para entender esta política agrícola expliquemos el principio "de los subsidios cruzados", Cuando una compañía ofrece productos que son complementarios cuando se usan juntos o que son comprados al mismo tiempo, el precio de venta puede explotar la afinidad entre ambos. La idea es vender deliberadamente un producto (el cual puede ser la esencia del negocio) a una baja utilidad o hasta con pérdida para vender más de los bienes que poseen

¹⁹ En lo relacionado con la tenencia de las tierras

más rentabilidad (los cuales pueden ser el objeto del negocio. De esta manera para Eastman Kodak su negocio es vender películas para fotografía, mientras que subsidia el costo de las cámaras donde se usan estos¹¹. En nuestro trabajo el bien base es permanencia y estabilidad política y el bien subsidiado son todos los productos agrícolas esenciales para la población mexicana, dado que esta población es muy sensible a su precio. Este factor junto con las barreras arancelarias que existen han originado acusaciones de prácticas desleales de comercio con Canadá y Estados Unidos ya que constituyen barreras legales de entrada.

Adicionalmente debe considerarse que de ponerse en marcha el Tratado de Libre Comercio con E.U.A. y Canadá en 1994, es previsible que productos sucedáneos al azúcar provenientes de los nuevos socios de México más baratos y/o funcionales inunden el mercado mexicano.

México cuenta con grandes extensiones de terreno susceptible de la siembra de caña de azúcar¹², su clima subtropical y su ubicación en las costas con una cercanía relativa a los grandes centros de consumo en México y un acceso inmediato al transporte marítimo han supuesto históricamente grandes ventajas logísticas y de costo.

El mercado mexicano del azúcar se considera que es de 4,500 millones de toneladas al año, sin embargo la figura 3.1 demuestra que las importaciones son un mal desde los años 80 y es probable que lo siga siendo por mucho tiempo con compras de hasta el 20% del consumo total. La IAM es una industria que depende fuertemente del mercado refresquero, éste a su vez está integrado hasta un 61% de la producción total de azúcar, PEPSI-GAMESA controlan a su vez el 92% de la capacidad cautiva y el principal productor COCA-COLA controla solo el 4% de la capacidad cautiva por lo que es un fuerte candidato a usar sucedáneos¹³.

¹¹ Porter 1983, *loc. cit.*

¹² Véase la figura 3.2

FIGURA 3.2

PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DE MEXICO



Fuente: Azúcar, S.A. F

En México son muy pocos los productores integrados verticalmente a las materias primas, la totalidad de éstos se encuentran en sociedad con multinacionales, es probable que estas empresas se unan a la estrategia global de sus matrices sobre la manufactura, distribución y venta de productos entre la propia corporación, creando la necesidad de mejorar la economía de escala, lo que llevaría a aumentar la productividad de sus ingenios, situación que amenazaría más aún a el mercado libre ante una persistente sobreoferta¹⁴.

3.3 FUERZAS CONDUCTORAS DEL MERCADO INTERNACIONAL DEL AZUCAR

La producción mundial de azúcar en el ciclo 1989-1990 fue de cerca de 107 millones de toneladas. Esta cifra fue la más alta del decenio. Los principales productores fueron¹⁵, Brasil, que controló el 9% de la oferta, la India cuya participación fue similar a la brasileña; otros grandes productores fueron Cuba, Estados Unidos y la Comunidad de Estados Independientes (anteriormente U.R.S.S.) cuya producción está basada en el azúcar de remolacha. Es importante destacar a la Union Europea (Francia y Alemania), que alcanzaron una producción equivalente a la cubana.

Se sabe que la producción de azúcar de remolacha, a diferencia de la caña, se ajusta con mayor celeridad al comportamiento negativo en los precios o de la demanda. Sin embargo, el rendimiento menor de sacarosa, entre otros factores genera costos de producción más altos que los que poseen los productores de caña de azúcar. Esto ha servido de argumento para que gobiernos de la Union Europea, subsidien a los productores nacionales para dinamizar la industria y aumentar paulatinamente la productividad en la medida que se vayan retirando estas subvenciones.

¹⁴ Cerro J.A., "La política azucarera: un esquema para su implementación", *Boletín GEMPLECEA*, VIII, (10), Octubre de 1991

¹⁵ Frankel M., y Colaboradores, "Mexican Miracle 2", *Newsweek*, Mayo 27 de 1991, 30-33

¹⁶ Véase la figura 3.3

FIGURA 3.3

REGIONES PRODUCTORAS INTERNACIONALES



Uno de los problemas internacionales políticos más difíciles de resolver en el mundo es el de los subsidios agrícolas, ideados a finales de los años 30 por Estados Unidos, que han servido de modelo al mundo industrializado para crear industrias que den seguridad política, como en la Comunidad Económica Europea o como el caso del arroz en el Japón.

Con un mercado Internacional distorsionado, en el que países como los miembros de la Union Europea ofrecen azúcar por debajo de sus costos de producción gracias a una abierta subvención, la política de comercio exterior de los productores azucareros no puede ser ortodoxa. El hecho de que el precio internacional pueda ser de 256 \$US/ton, mientras que los ingenios se lleven hasta 700 \$US/ton en subsidios, muestra lo distorsionado del mercado internacional¹⁴.

Muchos analistas esperaban que, en el mejor de los casos la demanda de azúcar en los países desarrollados se estabilizará en virtud de los altos niveles de consumo per capita, de alrededor de 50 a 60 Kg por persona anuales, y el crecimiento de la población prácticamente nulo.

Sin embargo, la situación es marcadamente diferente ya que la demanda ha empezado a disminuir en varios países debido a la presencia de nuevos productos edulcorantes sucedáneos, a la adopción de estilos de vida más sedentarios y a la continua presión proveniente de los grupos interesados en los aspectos nutricionales y de salud para reducir su consumo. Estimaciones de la FAO registran que entre 1973 y 1985 ocurrió un decremento de 5 Kg en el consumo anual ; decremento que se ubicó principalmente en los países tradicionalmente importantes del azúcar¹⁷.

¹⁴ Chesnais F., "La Biotecnología y la Exportación de Productos Agrícolas de los países en desarrollo", Comercio Exterior, 40,(3), 256-266, 1990.

¹⁷ p. ej. Estados Unidos, Canadá y Japón

Para el mundo de desarrollo, el mercado internacional del azúcar se ha caracterizado por realizar grandes cambios. Algunas naciones continúan dependiendo en gran medida del dulce para la captación de divisas; otras no productoras muestran una demanda creciente y otro grupo de compradores tradicionales se ha vuelto autosuficiente e, incluso, lo exportador¹⁸.

En contraposición con los perjuicios en el subsector azucarero por la disminución en el consumo del azúcar se dio una compensación mediante el uso del alcohol de caña como carburante, pero en fechas recientes esta opción ha sufrido graves retrocesos por razones de tipo ecológico¹⁹, sólo en los Estados Unidos con un sistema muy especial de subsidios persiste esta aplicación. En Brasil y la India se dio otro uso para fabricar etileno, sin embargo al disminuir los subsidios, este proceso quedó poco competitivo inclusive hasta con el proceso muy caro a base de nafta de petróleo .

El azúcar no es en sí un producto versátil, pocos productos secundarios son obtenibles de manera directa. No obstante se le considera por ejemplo como un productor de etanol, pero también existen fuertes productos agrícolas competidores para este producto. Sin embargo existen muchas ventajas comparativas sostenibles para México como es la posición geográfica y el área de tierras cultivables; el clima es propicio para el cultivo de la caña en grandes extensiones del país: existe experiencia básica universitaria en técnicas de frontera como el cultivo y propagación de tejidos²⁰ que asegurarían el máximo rendimiento de manera constante, y una mano obra barata para la etapa de transición de baja tecnificación en la zafra hacia la de más alta productividad.

¹⁸ Caso concreto de Colombia

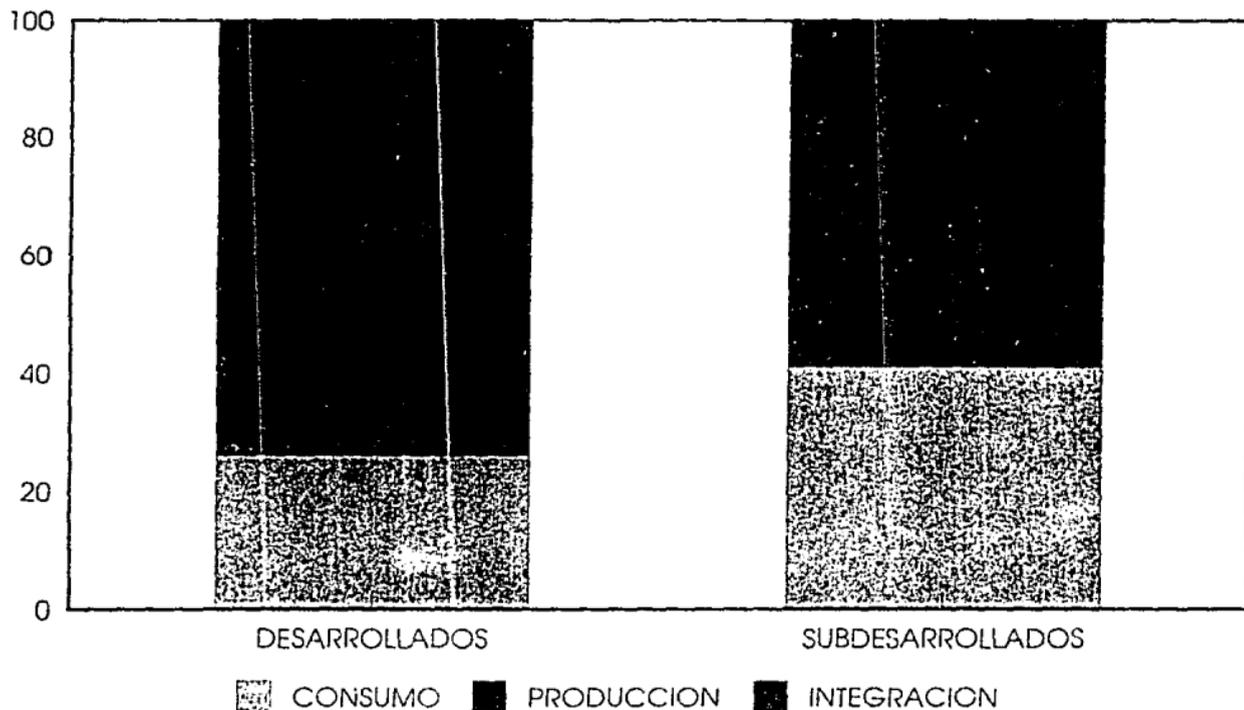
¹⁹ Rvp muy grande

²⁰ Entre las instituciones mexicanas con estas líneas de investigación se puede citar al Instituto de Fisiología Celular y Facultad de Química en la UNAM, CICY en Yucatán.

FIGURA 3.4

TENDENCIA MUNDIAL EN EL COMERCIO DEL AZUCAR

% DEL MERCADO MUNDIAL



3.4 COMPETENCIA DE OTROS PRODUCTOS SUCEDANEOS

La sustitución es una amenaza para todas las industrias. La sustitución es un proceso por medio del cual se sustituye un producto o un servicio que realice una función o muchas funciones particulares para un comprador. El análisis de la sustitución se aplica igualmente a un producto, servicio o proceso, debido a los mismos principios que gobiernan a la selección de un comprador y que le pueden crear un alternativa a la cadena del valor²¹.

La sustitución es una de las cinco fuerzas que determinan las ganancias de una industria ya que establece un parámetro sobre los precios de esta industria. Al mismo tiempo, la sustitución juega un papel prominente en determinar la demanda de la industria. La no penetración contra sucedaneos es la razón de porque las industrias crecen, la llegada a su vez de sucedaneos es una explicación de porque éstas declinan. De esta manera la sustitución está intrincadamente ligada a la visión competitiva de la industria, debido a lo estrecho o a lo amplio del intervalo de segmentos de la industria,

La declinación del azúcar como producto de consumo en el mercado de edulcorantes, por efectos de sustitución de productos, se está dando principalmente en los sectores industriales de alimentos; tanto en términos de volumen de consumo, como en el margen de utilidades, principalmente en el mercado de mayor crecimiento, el segmento de alimentos dietéticos.

Para propósitos de análisis estratégico, las industrias declinantes se han considerado aquéllas que experimentan una disminución absoluta en sus unidades de ventas durante largos periodos. De esta manera, la disminución no se relaciona con ciclos de negocios, u otros accidentes de desabasto, como son huelgas o paros no programados, pero representa

²¹ Porter 1985, loc. cit.

una situación auténtica en la cual se deben implementar estrategias de "fin de juego"²².

Este tipo de industrias siempre han existido, sin embargo se ha detectado que ciertos factores negativos favorecen su declinación como son: crecimiento económico mundial más lento, sustitución de productos resultado de una rápida inflación en el costo, y un continuo cambio tecnológico en áreas como la electrónica, la computación y la química.

3.5 FRUCTUOSA DEL MAIZ

A principios de este siglo se desarrolló un método técnicamente factible para obtener edulcorantes a partir de cualquier almidón utilizando enzimas. En 1957 se registró una patente en los E.U.A. en la que se consignaba el uso de una enzima de origen microbiano capaz de isomerizar la dextrosa a fructosa. Con esta información la empresa Clinton Corn Processing Company²³ inició trabajos para poder comercializar el proceso en colaboración con la Japanese Agency of Industrial Science. En 1967 tuvo lugar el primer embarque de miel de maíz alta en fructuosa ²⁴ inicialmente con una concentración de 15% de monosacárido y producido mediante un proceso batch empleando la enzima soluble glucosa isomerasa. En 1968 esta empresa produjo HFCS al 42%, con un proceso batch con enzimas tanto solubles como inmovilizadas. Cuatro años después el proceso dio un paso gigante al convertirse de intermitente a continuo. En 1980 y 1983 se obtuvo una miel con una concentración de 50% como materia prima para Coca Cola Co. y Pepsi Cola Co., y en 1987 ya se pudo contar con embarques al 100% en base seca²⁵.

La sustitución del azúcar por la HFCS fue impulsada por la necesidad de mejorar la utilidad neta de los productores de alimentos industrializados que enfrentaron altos precios del

²² Es un eufemismo para describir la posibilidad de vender o liquidar el negocio para perder lo menos posible.

²³ Posteriormente llamada CPC Int.

²⁴ HFCS por sus siglas en inglés

²⁵ Andersen G., "Booming Fructuosa Market", *Chemical Week*, 17 de Diciembre de 1980, Chesnas loc. cit.

azúcar en 1973 y 1974 y posteriormente en 1980 y 1981; además reforzada por la posibilidad de tener cierta integración hacia materias primas agrícolas básicas como es el maíz. Así CPC International, principal productor de almidones en E.U.A. impulsó decididamente la introducción de HFCS, así como es probable que sea la estrategia de PEPSI Co., en el proyecto de Vaquerillos Nuevo León, dada la formulación de las bebidas carbonatadas en los E.U.A.

Aunque HFCS se extrae específicamente del maíz, es más pertinente referirse a edulcorantes derivados del almidón. El almidón de la papa es una materia prima importante para producir melazas de glucosa y dextrosa en Holanda y Alemania; en Japón se utiliza el camote, y en otros países desarrollados, el trigo, el sorgo o la mandioca. La ventaja principal del maíz en la producción de la HFCS es la posibilidad de obtener subproductos de alto valor como son aceite y el gluten que es un alimento de animales que impacta de manera favorable la estructura de costos para producir el almidón. Hasta ahora no se conoce ningún método que genere subproductos en el sorgo, la mandioca, pero del trigo se recupera el gluten. Sin embargo, los productores pueden cambiar de una materia prima a otra, según las condiciones de mercado. A este respecto se puede mencionar que la compañía Belga Amylum S.A., utiliza de manera alterna soya, mandioca y trigo para elaborar más de 200 formulaciones de almidón²⁴.

La sustitución del azúcar por la HFCS es resultado de las propiedades técnicas de ésta y, en menor medida de su precio. La salida natural de esta miel está en el segmento industrial del azúcar líquida dentro del mercado de edulcorantes. En Estados Unidos, por ejemplo el 96% del azúcar industrial consumida fué en forma líquida (60% del consumo total). La primera forma de HFCS fué en una formulación que contiene 42% de fructuosa y 50% de glucosa

²⁴ Chesnais F., *loc. cit.*

(base seca), tenía un rendimiento similar al azúcar líquida invertida de composición semejante. Entre las propiedades destacables de HFCS se encuentra que los alimentos se preservan mejor que aquellos contienen el azúcar; además su venta en forma líquida, en comparación con la de sacos del azúcar da ventaja en su manejo. A una concentración de 42% de fructuosa sólo es posible sustituir al azúcar entre un 25% y un 50%. Un poco después se reformula para tener una concentración de 55% de fructuosa y la sustitución es entonces de un 100% sobre todo en las industrias refresqueras y emparadoras. El aumento a un 55% de fructuosa hizo que los principales productores de refrescos siguieran a la Coca Cola Co., la cual compró fructuosa en vez de azúcar (Andersen, 1980).

Los costos de producción de la HFCS han bajado significativamente en los últimos diez años gracias a ahorros de energía y mejoras en los procesos manufactureros, lo mismo que una drástica reducción del costo de las enzimas. A mediados de 1985 HFCS costaba 22 US cvs/lb lo que era un 30% más barata que el azúcar, tanto en E.U.A. como en Japón. En la CEE, la producción de HFCS se ha retrasado por razones económicas y políticas, dada sus políticas de subsidios que le han permitido convertirse en una exportadora neta de azúcar y dado que depende en gran medida de su producción. Adicionalmente, para la producción de almidón se han eliminado subsidios y ahora su elaboración es gravada con un impuesto. Una evaluación exacta de los efectos de desplazamiento del comercio ejercido por la HFCS sobre los exportadores de azúcar de los países en desarrollo²⁷, tendría que contener variables adicionales del comercio de azúcar y edulcorantes. Entre ellos, por ejemplo, la productividad creciente lograda en Europa al elaborar azúcar de remolacha y el aumento acelerado de edulcorantes de base química, sobre todo del compuesto aminoácido

²⁷ Como México

aspartame, patentado por la compañía americana G.D. Searle. Existen de todos modos indicadores adicionales confiables de la tendencia:

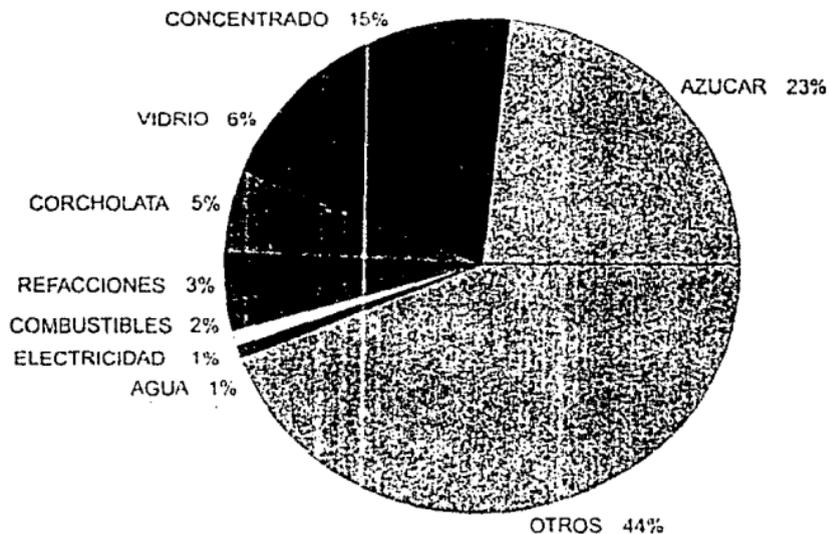
i) En 1975, el consumo mundial de HFCS equivalía sólo a 500,000 ton de azúcar cruda, lo que representaba el 1% del consumo mundial de azúcar. En 1985, en cambio, la miel de maíz había incrementado su porción relativa del consumo mundial de azúcar a más del 6%. De 1980 a 1985, según se estima, la producción mundial creció en 18.6% al año, hasta llegar a la equivalente de seis millones de toneladas crudas de azúcar, del cual 43% correspondió a E.U.A., 11% al Japón, 5% a Europa Occidental y 3% a Canadá.

ii) En 1975, el 90% del azúcar negociada internacionalmente provino de los países en desarrollo y el 70% fué importada por las naciones desarrolladas. En 1981 en cambio, sólo el 67% procedió de los primeros y los países desarrollados adquirieron solamente el 57%.

El crecimiento del consumo de HFCS y su sustitución del azúcar pueden ser en adelante mucho más lentos por varias razones. En el distorsionado mercado mundial del azúcar, hoy día el HFCS tiene un precio mayor. En E.U.A. y Japón el mercado madura de manera acelerada mientras que en Europa no existe todavía un mercado abierto, dado que es reprimido por las políticas agrícolas de la CEE. Pero un aumento súbito del azúcar, un desarrollo de una miel sólida más barata que el azúcar²⁹, una reducción en los costos de producción de la HFCS y el cambio de la fuente de almidón que sustituya al maíz, pueden cambiar la situación rápidamente.

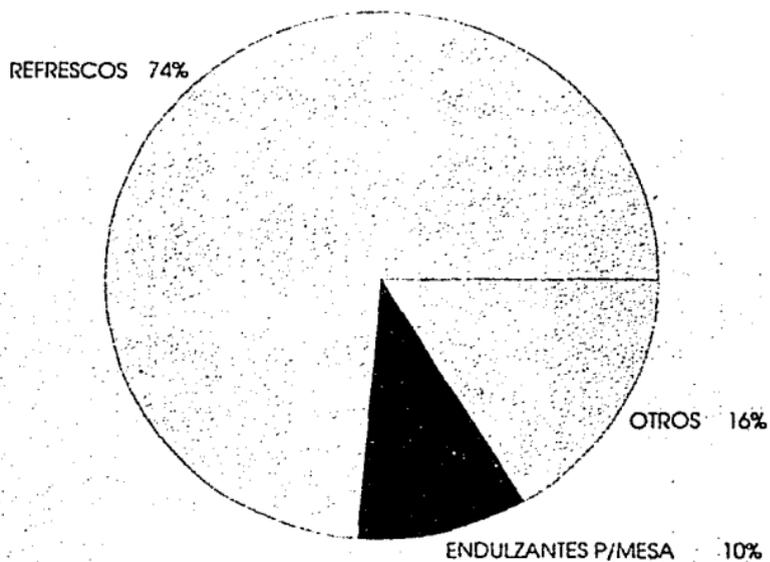
²⁹ Disponible desde 1987, según Morris C.E., "Sugar under Fire", *Food Engineer*, Abril de 1987, 107-114.

FIGURA 3.5
ESTRUCTURA DE COSTO DE LA INDUSTRIA REFRESQUERA
EN MEXICO



VENTAS TOTALES 6876 MM\$ DE 1991

FIGURA 3.6
MERCADO MEXICANO DEL ASPARTAME



VOLUMEN DE VENTA 100 TON/AÑO

Fuente : Monjarás J., Ugalde A.P., Gozález M.,

3.3.2 ASPARTAME: NUEVO PRODUCTO CON CRECIMIENTO DE DOS DIGITOS EN MEXICO

El aspartame, es el edulcorante más exitoso del mundo basado en la difusión del concepto de salud en la cultura occidental de nuestro tiempo. Es el único edulcorante permitido para todos los usos en Estados Unidos y esta aprobado 80 países, además cuenta con el reconocimiento de la Organización Mundial de la Salud de que es un producto seguro.

En Estados Unidos, 524 productos contienen Nutrasweet®, la marca de la compañía que hasta 1992 lo produce y comercializa, exclusivamente²⁹, Searle Laboratories Inc. una subsidiaria del Gigante químico Monsanto Chemical Co. En México en 1992 sólo 46 productos usan la sustancia, 11 de los cuales llegaron en 1991³⁰.

El primer sector y el mejor cliente es el refresquero³¹, posteriormente le siguen los endulzantes de mesa y varios mercados fraccionados más. La tendencia es desoladora para los ingenios si se toma en cuenta que el 30% de los refrescos de Estados Unidos, son dietéticos y se estima que la proporción será del 50% en 1995. La estimación para México es de 10% para 1995 con un crecimiento de 1.5 % anual, y es importante considerar que México cuenta con un mercado de 11.5 miles de millones de litros de refrescos lo que lo convierte en el segundo mercado mundial³².

El otro mercado blanco es el de los dulces³³, donde las formulaciones del aspartame le dan ventajas técnicas sobre las preparaciones de azúcar. El aspartame en solución puede ser convertida a lo largo del tiempo en aminoácidos, perdiendo de esta manera su poder endulzante (pero no su sabor). Este proceso, así como la rapidez de transformación es

²⁹ La patente vence el 14 de Diciembre de 1992

³⁰ Monjarás J., Ugalde A.P., González M., "Ganando Peso, Nutrasweet", *EXPANSION*, Abril 15 de 1992

³¹ Véase la figura 3.6

³² Monjarás et al. *loc. cit.*

³³ Thayer, A.M., "Food Aditives", *Chem. Eng. News*, Junio 15 de 1992, 26-45.

controlado por la temperatura, limitando el uso del aspartame en procesos que requieran un largo tiempo de exposición al calor. Adicionalmente el aspartame es más estable en un intervalo de pH 2.5 a 5.5, si se piensa que el pH óptimo para la mayoría de los alimentos es de 4.2, necesariamente es un gran producto.

Nutrasweet® es el principal endulzante y mejorador del sabor de uso en el mundo industrializado, manejado inteligentemente por la mercadotecnia y con el desarrollo de nuevas aplicaciones en los países desarrollados, ha logrado penetrar a mercados tan desiguales en su manufactura, como sustitutos de azúcares naturales de frutas para uso como en colantes de postres, o como componentes de yoghurts ya sea sólo o en mezcla con azúcar, con resultados que son reportados como que no existe canibalismo entre marcas³⁴.

Un factor desfavorable para los productores internacionales del azúcar es la finalización de la patente del Aspartame para Searle en el mundo industrializado, el 14 de Diciembre de 1992³⁵. A partir de Febrero de 1993 se espera la entrada de dos productores de aspartame genérico, uno en Canadá y otro en Holanda³⁶, además de una joint-venture en Francia entre Ajinomoto y Searle. Esta situación elevará la producción de aspartame y erosionará vertiginosamente sus precios de venta hasta en un 80% hacia 1995.

3.3.3 OTROS SUCEDANEOS

Una muy larga lista de endulzantes no calóricos está esperando en las salas de la investigación y desarrollo o en las oficinas de aprobación sanitaria, aguardando una oportunidad de competir con los endulzantes calóricos³⁷ y el aspartame³⁸. Saber cuándo podrán estar disponibles es algo difícil, pero aquí está una lista de los más prometedoras;

³⁴ Morris, *loc. cit.*

³⁵ Tilton H., "Food Additives '92: Sección, Sweet Dreams", *Chemical Marketing Reporter*, Junio 15 de 1992

³⁶ La compañía, Holland Sweetener

³⁷ Azúcar y HFSC

* Ciclamato, 30 veces más dulce que el azúcar, fue atacado duramente en los años 70 por supuesta actividad carcinogénica, pero se le ha levantado el cargo. El fabricante Abbott Laboratories y el Calorie Control Council (CCC) han hecho juntos la petición en Estados Unidos para la aprobación del producto químico³⁹.

* Acelsulfama K (Sunette ®), una sal orgánica no metabolizada 200 veces más dulce que el azúcar fue descubierta en Alemania y desarrollada por Hoechst-Celanese, aprobada en muchos países, "tiene un uso potencial donde otros endulzantes no pueden competir". En Estados Unidos está pendiente la autorización⁴⁰.

* Sucralosa (Splenda®) de la compañía Johnson & Johnson, un derivado clorado de la sacarosa, 600 veces más dulce que el azúcar, es sintetizada al modificar una molécula de azúcar.

Johnson & Johnson ha pedido su aprobación en Estados Unidos, según la CCC un número grande de derivados clorados de la sacarosa con capacidad endulzante de 5 a 2000, esperan las largas pruebas de toxicidad⁴¹.

* Alitama, un dipéptido bajo en calorías de los amino ácidos L-aspártico y D-alanina, reportado que tiene un sabor sinilar a del azúcar, pero que es 2000 más dulce, está pendiente su autorización.

* Los L-azúcares, también llamados "azúcares de la mano izquierda" con estructuras moleculares inversas a las de los azúcares comunes, sin capacidad metabolizante y sin cambio de sabor, ya empiezan a ser vendidas en forma L-glucosa y L-fructuosa por un joint-venture llamada Lev-O-Cal®, sus integrantes Biospherics, Inc. y dos socios italianos el gigante químico Montedison y el grupo Ferruzzi.

³⁹ Véase la figura 3.7

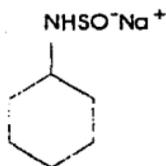
⁴⁰ Morris, *loc. cit.*

⁴¹ Morris, *loc. cit.*

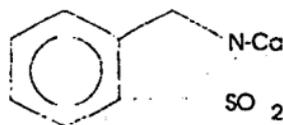
⁴² Morris, *loc. cit.*

FIGURA 3.7

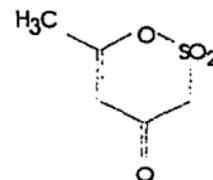
COMPETIDORES QUIMICOS SINTETICOS DEL AZUCAR



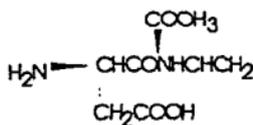
CICLAMATO



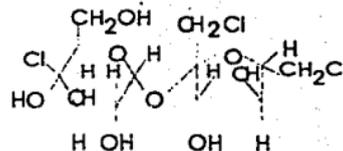
SACARINA



ASULFAME K



ASPARTAME



SUCROLOSA

MANUFACTURA DE ETIL TERBUTIL ETER

4.0 COMPETENCIA ENTRE ALCOHOLES PARA COMPUESTOS OXIGENADOS

El metanol puede en teoría, ser usado para remplazar a las principales fracciones del petróleo como son: gasolina, diesel, keroseno, combustóleo, con muy diferentes ventajas y desventajas técnicas y económicas dependiendo de la aplicación. En los años 80, la aplicación que más potencial tuvo fue el de ser un reemplazo de la gasolina para motores de combustión interna. En estas máquinas, el metanol puede ser usado de manera directa o indirecta, siendo materia prima para la elaboración de (i) gasolina o (ii) diferentes aditivos mejoradores de octanaje, en donde el más importante es el MTBE.

Bajo el análisis de esta información podemos proponer que una ventaja competitiva sostenible como es entendida en la planeación estratégica de una compañía es aquella en donde un producto o un servicio se diferencian del estándar del mercado, proporcionando una mejoría sustancial al consumidor ya sea en precio, en rendimiento o en un balance entre ambos¹. La ventaja del metanol sobre el etanol para formuladores de gasolina y en general para productores de compuestos químicos en la industria, es su costo y la relativamente amplia disponibilidad, más que sus ventajas técnicas. Por otra parte los isobutilenos compuestos que se requieren para preparar MTBE y ETBE,

¹ Porter 1985, *loc. cit.*

abundantes en toda refinería adecuadamente abastecida, así el recurso clave en la **cadena del valor de síntesis de gasolinas oxigenadas** son los alcoholes.

En el pasado, en especial en los difíciles años de 1973-1983 se investigó y desarrolló un gran número de alternativas técnicas y financieras de nuevas fuentes alternas de energía en los países desarrollados². Muchos de los hallazgos demostraron la gran factibilidad que tenía el metanol de ser un sustituto energético del petróleo y del papel que tenía el etanol como un reactivo químico en los años futuros; pero bajo ciertas restricciones de índole regional.

4.1 CARACTERISTICAS DEL METANOL

El metanol fue descubierto por Robert Boyle en 1661. Su estructura fue establecida por dos franceses: Jean-Baptiste Dumas y E.M. Péligot. En 1857 el francés Bérthelot fue el primero en obtenerlo por medio de la destilación de madera.

En 1921 otro francés Georges Petait desarrolló la primera patente de síntesis de metanol via monóxido de carbono e hidrógeno; en 1922 *Badische Aniline und Soda Fabrik A.G.* (BASF, Ludwigshafen Alemania) fue la primera compañía en tener un proceso de utilidad industrial para producirlo³. La historia del desarrollo comercial del metanol a partir de la patente de BASF es fascinante para los estudios sobre transferencia de tecnología y sus implicaciones a la cadena del valor de productos químicos, dada su evolución comercial como producto y las consecuencias que trajeron a la Industria Química y Petroquímica desde los años 20.

² Chartier P. "Prospects for Energy from Biomass in The European Community", *International Conference Biomass Brighton 1980*, Brighton Inglaterra del 4 al 7 de Noviembre de 1980.

³ Stobaugh R., "Innovation & Competition: The Global Management of Petrochemical Products", Harvard Business School Press Boston, 1988

A partir de 1927 la compañía *E.I. Du Pont de Nemours* (Wilmington, E.U.A.) y casi simultáneamente *Commercial Solvents*⁴ patentaron una tecnología competidora de metanol ahogando el monopolio alemán. En todo caso, este proceso, era de alta presión e intensivo en energía, y conforme pasó el tiempo ningún avance trascendental aconteció en los años que precedieron a 1967. En este año, *Imperial Chemical Industries pLC* (Londres Inglaterra) cimbró a la industria con su proceso de baja presión que emplea catalizadores de cobre. Este proceso se basó en trabajos de ICI que comenzaron en los años 50 cuando se impulsó la reformación de nafta de petróleo en presencia de vapor para obtener un gas de síntesis barato y libre de azufre⁵. Estos cambios dieron a ICI una ventaja en costo y gigantescas economías de escala propias de refinerías. Este proceso fue adaptado a casi la totalidad de las plantas que operaban en forma rentable o que se construyeron en los años siguientes incluyendo las de los países de economía centralizada. Muchas de las plantas que no usaron el proceso de ICI, emplearon el desarrollado en 1971 por la compañía *Lurgi Minerlältechnik A.G.* (Frankfort Alemania), las demás fueron cerradas ante la tremenda desventaja en costo⁶, en 1991 por ejemplo sólo existían 3 plantas en Estados Unidos de alta presión, que estaban cerradas pero dos se reabrieron parcialmente en 1992⁷.

El metanol destaca como ya se dijo por su bajo precio y por su buena funcionalidad, por llevar a cabo la totalidad de las reacciones que son típicas de los alcoholes. Sin embargo, entre las reacciones de mayor importancia económica sobresalen: la deshidrogenación catalítica (formaldehído), la carbonilación (ácido

⁴ Empresa ya desaparecida

⁵ Véase la figura 4.1

⁶ Stobaugh, loc. cit., Wade L. E., et. al, "Methanol", *Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology*, 3th Ed. Volume 15, 399-415, John Wiley & Sons, N.Y. 1981

⁷ Véase la figura 4.1

acético), la deshidratación catalítica ácida (dimetil éter) y la reacción catalítica ácida con isobutilenos (MTBE)⁸. Adicionalmente se sabe que es un disolvente muy eficiente para muchos de los compuestos orgánicos y para un gran número de los inorgánicos. Por otra parte, tiende a formar azeótropos con casi cualquier compuesto polar. Se considera que tiene las siguientes características como combustible:

- Precio semejante por litro al de la gasolina estándar.
- Octanaje promedio: $(RON+MON)/2$
- Cumple con las regulaciones ambientales en el ozono, pero falla en el CO y CO₂.
- Es muy corrosivo y emite formaldehído⁹
- No existe disponibilidad en México
- Los tanques de almacenamiento deben ser de diseño especial.
- Es factible producirlo en países con abundancia de gas natural

Se intentó ya usar el metanol en el pasado como un combustible de uso universal con resultados económico adversos, sin embargo nuevos estudios¹⁰, en especial aquellos vinculados a la eficiencia energética de autotransportes bajo regulaciones ambientales, lo señalan como un firme candidato a ser usado en mercados nicho como son las flotas centralizadas de vehículos¹¹ que en la actualidad usan gas L.P.

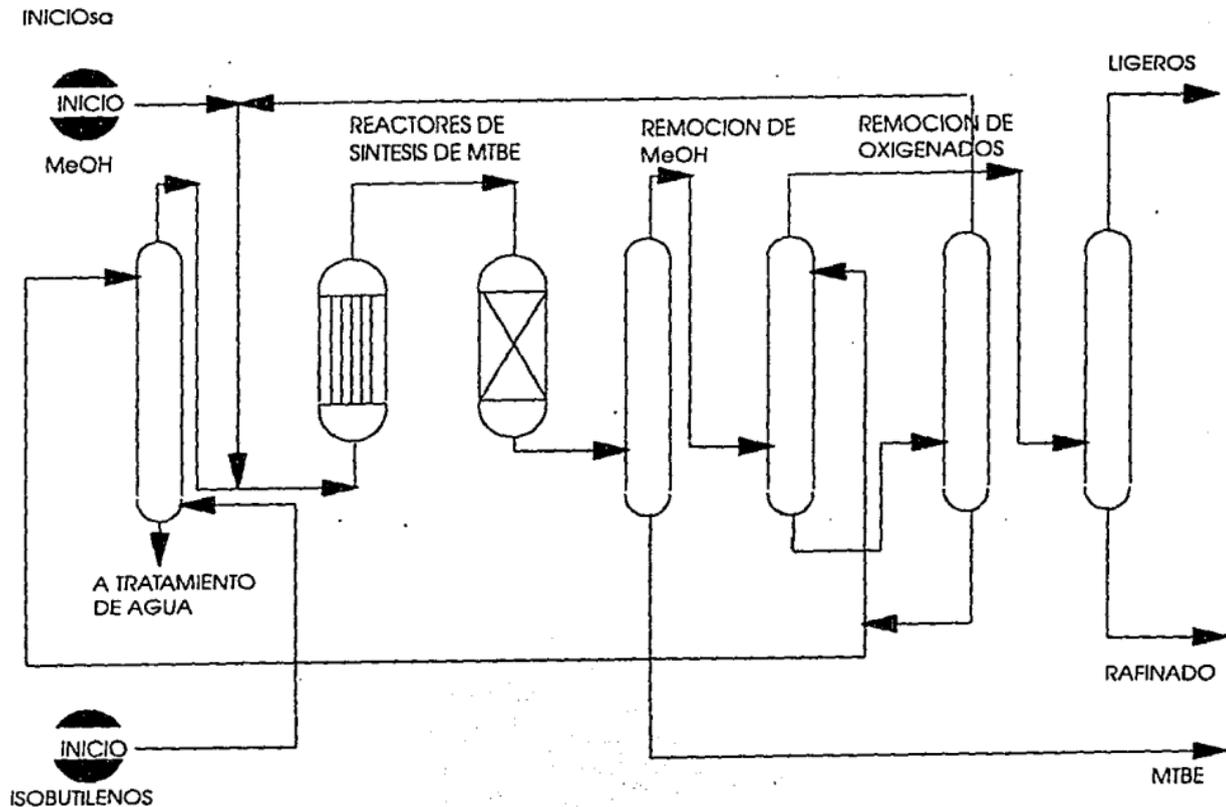
⁸ Figura 4.2

⁹ producto identificado como cancerígeno

¹⁰ Sullivan B., "The Transportation Fuel Challenge and Reformulated Gasoline". Dentro de 1992 *Petrochemical Review*, Houston Texas Marzo 1992.

¹¹ Como en el caso de los refrescos y frituras en México

FIGURA 4.2 PROCESO SIMPLIFICADO DEL MTBE



Fuente: Brockwell H.L.

4.2 ESTRATEGIA EN EL COMERCIO DE METANOL

En el caso del metanol, los monopolios comerciales nunca han existido, ni en el momento en que BASF tuvo la primera patente, ni cuando ICI logró un avance sustancial, la firma de Ingeniería *M.W. Kellogs* (Houston Texas), por ejemplo, ofrece también tecnología de metanol. Sin embargo, si se puede hablar de un oligopolio tecnológico dado que el metanol por sí mismo es un producto versátil que va a mercados tan diferentes como a pinturas, fibras sintéticas o hacia plásticos. La economía de escala tan grande y su masivo consumo ha vuelto las barreras de entrada para nuevos productores muy simples; el costo de una nueva planta de metanol de dimensiones mundiales (500 mil toneladas/año) es cerca de 300 millones de dólares y su tiempo de construcción, cinco años¹².

El desarrollo que experimentó el metanol en la década de los años 70, impulsado por los altos precios del petróleo y su consecuente etapa de sobreproducción a comienzos de los años 80, impulsó a muchas compañías productoras de metanol a buscar nuevos usos del alcohol. Uno de los que se probó con más éxito técnico que comercial, fue de un eventual sustituto de la gasolina, especialmente en los E.U.A. donde el uso masivo de gas natural, ofrece una ventaja muy grande en costo¹³. No obstante es importante considerar que algunos productores de metanol no tomaron esto en cuenta por lo que se cerraron algunas plantas del alcohol en este periodo. Vale la pena puntualizar que el metanol a los precios de venta actuales, es un producto químico y no un combustible, y sólo en el caso de que las reservas de petróleo declinaran en forma drástica, se volverían competitivas otras fuentes alternativas de energía tales como gas natural, energía solar, etc.

¹² Wheeler K.P., Abshire, A.D., "Methanol", *Chemical Economic Reporter*, programa propiedad de Stanford Research Institute, Palo Alto California, 1991, 674.5021A

¹³ El caso de Hoechst-Celanese y General Motors fue muy comentado en su momento.

La regionalidad de los mercados de los Estados Unidos afectó al metanol, un producto muy sensible al aumento de precio por gastos de flete, que lo hacen muy vulnerable sin regulaciones fiscales. En el caso de Estados Unidos los mercados estaban muy lejos de la principal región productora, por lo tanto no había atractivo competitivo en comparación con una relativamente más barata y universal gasolina.

4.3 CARACTERISTICAS DEL MTBE

El MTBE, fue en primera instancia probado por la compañía *Atlantic Richfield Co.* en los años 60 y posteriormente introducido a finales de los años 70 como una mezcla antidetonante para la gasolina de alto precio. Tiene un solo uso industrial; mejorador del octanaje; pero dados los cambios impuestos en todo el mundo para la industria refinadora del petróleo, un número mayor de refinadores usan grandes cantidades de él. El MTBE fue introducido al mercado por la industria americana de refinación al comienzo de la década de los años 80. En este tiempo los formuladores ya esperaban la prohibición del tetraetilo de plomo por parte de la EPA (ver figura 2.6b). En la actualidad el MTBE, ha comenzado a ser uno de los productos químicos con los crecimientos más notorios de la década de los años 90. Entre sus características más destacadas se puede nombrar:

- Bajo precio y materias primas típicas de refineries
- Disponibilidad tecnológica amplia
- Alto valor de octanaje: $(RON+MON)/2$
- Producto estándar de la EPA
- Pocos efectos similares a los del metanol

" Actualmente, ARCO

4.4 COMERCIALIZACION DEL MTBE EN MEXICO

En México, PEMEX la compañía estatal responsable de la fabricación de gasolinas, consume MTBE desde el año 1989. El abasto doméstico es a través de una vieja planta de olefinas en el complejo Pajaritos Veracruz, que ha sido transformada para producir 45 mil toneladas de MTBE/año con tecnología CDTECH. Además tiene un convenio de suministro desde 1992, de la refinería de Deer Park Texas, propiedad de la más grande compañía trasnacional petrolera mundial, ROYAL SHELL/DUTCH¹⁵.

En la prensa especializada de petroquímica, a mediados de 1993, se especula que PEMEX ha firmado un convenio comercial en paquete con SHELL para refinar su crudo pesado (tipo Maya) en Deer Park, además de contar con MTBE. A cambio de esto, PEMEX el único productor mediano internacional de etileno capaz de producir cambios bruscos en el mercado, alinearía su estrategia de ventas con la estrategia del gigante petrolero europeo. Debido a esto, PEMEX ha desechado un convenio firmado en 1991 con el licenciador italiano ECOFUEL¹⁶ para construir una planta de dimensiones mundiales de 500 mil toneladas/año¹⁷, y otro con el pequeño productor americano VALERO ENERGY Co.¹⁸ Por otra parte, una explicación de que PEMEX no haya concluido este par de convenios, pero haya hecho un acuerdo con SHELL, es quizá el hecho de que México no cuente con la capacidad de producción para operar una planta de MTBE con 500 Mil Ton/año. Adicionalmente, los problemas políticos en Venezuela y una estimación pesimista

¹⁵ Tecnología Hüels/UOP

¹⁶ Filial de la compañía estatal italiana ENI, Roma

¹⁷ *Weekly Metallurgical Market Reporter*, (433) , Agosto 9 de 1991, Crocco & Associates Inc.

¹⁸ Este en realidad es un paquete, tanto para construir la planta de MTBE, así como para la construcción de una planta de butanos

sobre comercios regionales de metanol fueron factores en la alianza de PEMEX con SHELL/DUTCH.

Por otra parte, gracias a los cambios en la legislación sobre petroquímica en México a finales de 1992, un *joint venture* formado por BANAMEX-Protexa-Valero e inversionistas japoneses (Toyo Engineering Co.) firmaron una carta de entendimiento para construir una planta de MTBE en México de 500 mil toneladas con el visto bueno de PEMEX, sin embargo la pregunta continúa, ¿ y quién abastecerá el metanol?

Se sabe que México posee una gran fuerza en petróleo crudo, pero sus posibilidades de competir abiertamente en gas natural son limitadas hacia el futuro¹⁹. También es conocido que las plantas petroquímicas como las del metanol a base de nafta de petróleo en la zona del Golfo de México no son competitivos, por lo tanto se puede pensar que no habrá planta de metanol en México, propiedad de PEMEX o de inversionistas privados en un amplio horizonte al futuro. Del análisis regional, es evidente que la región denominada *Gulf Coast* no se dará abasto si el precio de petróleo sube más allá de \$30 US/Barrel, costo difícil de pronosticar, o el precio del gas natural se iguale al precio del petróleo lo que seguramente ocurrirá en 1997²⁰; las plantas de alta energía que abrieron en la primavera de 1992 tendrán que cerrar de inmediato y entonces, el tan temido desabasto de metanol hacia los Estados Unidos comenzará a regir²¹.

Una cuestión que indujo este tema de tesis fue analizar la posición de PEMEX de seguir el doble juego que ha sido duramente criticado en la industria petroquímica

¹⁹ US GAO, *loc. cit.*

²⁰ Técnicamente es que el millón de BTU del gas costen lo mismo que el millón de BTU generados por el tipo de petróleo denominado *West Texas Intermediate*.

²¹ *Weekly Methanol Market Reporter*, (440), Septiembre de 1991, Crocco & Associates Inc.

mundial²². Por un lado, sólo abastece ciertos productos petroquímicos para el mercado doméstico con una actitud más bien paternalista, pero a un alto costo y con una gran ineficiencia; por el otro toma decisiones audaces en el mercado de exportación que le están creando ciertas ventajas competitivas al formar alianzas globalizadas.

Sin embargo, PEMEX es una industria regional, que debe pensar en productos clave, donde tiene ventajas logísticas, de escala y geográficas. En el caso de las gasolinas, el ETBE de exportación sería un pseudo *commodity* exitoso que llegaría al mercado más necesitado, el de Norteamérica y el de la Ciudad de México, en el momento preciso, con altos márgenes, sin canibalismo entre productos con los proyectos de MTBE por parte de particulares y sin afectar sus alianzas ya formadas.

4.5 ETANOL, SU PERSPECTIVA HISTORICA

Según los historiadores, la tecnología agroindustrial más antigua es la de la fermentación alcohólica, considerada el inicio de las actuales biotecnologías industriales²³. La fermentación es un proceso bioquímico de degradación anaeróbica de la glucosa donde el aceptor final de electrones es un metabolito derivado del propio sustrato; en este caso el acetaldehído que se reduce a etanol. Históricamente se vincula este proceso al cultivo de la vid y la preparación de vino, fue desarrollada como una industria principalmente por los habitantes de Mesopotamia en los años de 3500-2500 antes de la era cristiana.

²² Lowenstein, A., "NAFTA -winners and losers". *Chemistry and Industry*, diciembre 2 de 1991, 896.

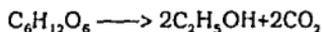
²³ Correa C.M., "Biotecnología: El surgimiento de la industria y el control de la innovación". *Comercio Exterior*, 39, (12), 987-999

Sin embargo el proceso de obtención de etanol a partir de uvas no es el único que se desarrolló en tiempos históricos, los chinos destilaron bebidas de arroz, aproximadamente 800 años antes de Cristo; en la India se destiló a partir de la caña de azúcar. En cuanto a la tecnología de refinación, los primeros que desarrollaron un método de destilación utilizado para producir aguardientes del vino fueron los árabes. La producción de licores destilados fue reportada en Gran Bretaña antes de la conquista romana. Las técnicas de trabajar el metal aceleraron el desarrollo de las operaciones de destilación en especial hacia los años 900 de la era cristiana en Francia. Adicionalmente, la preparación de etanol puro mediante destilación de los vinos rectos y del aguardiente se dio en el año de 1220.

Durante siglos, la actividad fue empírica y los avances técnicos-científicos de esta actividad tardaron hasta bien entrado el siglo XVI. En 1577 el holandés Van Helmont notó que las fermentaciones daban lugar al desprendimiento de gases asfixiantes, que se denominaban "espíritus silvestres"; otro holandés, Anthony Van Leeuwenhoek fue el primero en observar las levaduras microscópicamente en 1680. En 1747 Andrés Berlinés consigue extraer el azúcar de la remolacha. Franz Karl, químico alemán, estudia en 1788 un procedimiento industrial para la extracción de azúcar de la remolacha y en 1801 se obtiene una patente para producir alcohol concentrado por destilación.

Lavoisier, Gay-Lussac, y Dumas estudiaron la transformación del jugo de caña de azúcar en alcohol por los métodos de la química cuantitativa, ya que anteriormente la levadura era considerada como un compuesto químico. Realmente el uso de conceptos biológicos aplicados al medio de cultivo con fines prácticos comenzó con el descubrimiento de la microbiología. En el siglo XVIII Black estableció que el

alcohol etílico y el bióxido de carbono eran los únicos productos formados del azúcar durante la fermentación. Antoin Lorenz Lavolsier, en 1789, llevó a cabo estudios cuantitativos de la fermentación y mencionó que, además de los anteriores, se obtienen otros productos y al conjunto de productos los denominó ácido acético. Gay-Lussac formuló la siguiente ecuación para mostrar la reacción del azúcar en la fermentación alcohólica.



Cagniard Latour, en 1837, demostró que la cerveza contenía cuerpos esféricos que se multiplicaban y los clasificó como vegetales. Schwan denominó a estos cuerpos de levaduras, también son conocidos como *zuckerpily* de donde derivó su nombre en *sugar fungus*, hongos del azúcar, y de donde a su género se les conoce como *Saccharomyces*.

La continuación de los trabajos de Pasteur dio origen a los descubrimientos de los hermanos Buchner, que trabajaron en Alemania durante 1897, sobre extractos medicinales de la levadura; se inició la comprensión de la naturaleza de la fermentación de glucosa para producir bióxido de carbono, etanol y otros productos.

A pesar de que la levadura *Saccharomyces* es la principal especie fermentadora existe más de un producto agrícola adecuado para la fermentación alcohólica y la selección depende de la región donde se quiera producir.

En los años 70 al darse el *boom* industrial de la Biotecnología, uno de los primeros productos en ser explorados como prospectos fue el EtOH, en parte por los altos precios del petróleo.

A pesar de los avances en el campo de la genética y de la microbiología, quedaron dos importantes cuellos de botella, el más superficial fue que los métodos de separación eran convencionales y por lo tanto costosos, pero el menos visible y más importante era que no existían métodos continuos de síntesis para el etanol a partir de biomasa

En el mundo existen cuatro zonas productoras principales de etanol no potable, Estados Unidos, Brasil, Japón y Europa Occidental, los principales son Brasil y los Estados Unidos que totalizan una cuarta de la producción mundial, que en la actualidad es de aproximadamente de 3.2 millones de litros anuales; sin embargo tres cuartas partes de esta producción utiliza para su elaboración la misma tecnología de fermentación que se empleaba durante la época de los años 40.

4.6 ETANOL A PARTIR DE CAÑA EN MEXICO

La industria azucarera en sus inicios, en los tiempos coloniales utilizó un procedimiento empírico y fundamental; consistía, en cortar en trozos la caña y colocarla en morteros. El jugo extraído de la gramínea por presión a base de fuerza animal, se hervía en calderas hasta su concentración y posterior cristalización. La tecnología actual en México no es muy diferente en esencia del proceso usado por las industrias de Nueva España no obstante lo primitivo de sus instalaciones, lo que en parte permite comprender a qué se debe su elevado nivel de consumo energético.

Con el tipo de extracción que se poseía en la época de la conquista se obtenía un 60% de miel y un 40% de azúcar. La cifra fue poco después modificada hacia

el 33% de miel y 66% de azúcar. Esto describe que las haciendas en el período colonial tenían un bajo nivel de productividad hacia el azúcar.

Durante varias centurias en México, este problema subsistió, las mieles de subproducto en algunos casos eran utilizadas para transformarlas en aguardiente considerado de gran importancia en la vida económica e industrial. El alcohol se obtenía en calderos de cobre con fondo de lámina gruesa también de cobre, y con forma ligeramente cónica, en la parte superior se encontraba un recipiente condensador de vapor por el que circulaba el agua fría en conexión con un serpentín sumergido también en el mismo líquido. Estos calderos eran denominados alambiques. Se emplearon máquinas de vapor en los ingenios azucareros, así el mascabado que era utilizado para la exportación se comenzó a manufacturar utilizando aparatos de vapor. También, de manera simultánea se inició el uso de la energía eléctrica, se perfeccionaron las formas de la evaporación y se introdujo el uso de filtros de arena. De esta época data la práctica de quemar bagazo verde como un medio de provisión de energía en los ingenios azucareros.

En la actualidad en México, los ingenios azucareros producen aguardiente como bebida destilada o alcohol puro 96° GL para uso industrial. En los ingenios azucareros se usan las melazas o mieles incristalizables, que son el residuo de la obtención de azúcar, para producir etanol mediante una fermentación alcohólica que dura entre 48 y 96 horas. El uso de una cepa vigorosa de levadura, con una alta tolerancia alcohólica y capacidad para producir un gran rendimiento de etanol es de gran beneficio para estas industrias. Las melazas son ajustadas a una concentración de azúcares adecuada, por la adición de agua y a un pH óptimo, por la adición de ácido. El mosto obtenido de la fermentación se somete a

destilaciones para concentrarlo y obtener aguardiente o alcohol puro de 96 ° GL. Los ingenios azucareros en el presente importan la cepa de *Saccharomyces cerevisiae*. Sin embargo, el rendimiento de etanol de la cepa en el ingenio azucarero, con las condiciones de operación empleadas es muy ineficiente; del 7 al 8 %, lo que genera una calidad de producto con un alto nivel de humedad²⁴.

4.7 CARACTERISTICAS PROPIAS DEL ETBE

La producción de ETBE se realiza por la reacción de etanol con isobutilenos²⁵, en esencia de la misma manera descrita que para el MTBE. Por lo que se puede hablar de las mismas características termodinámicas y de catálisis de la etanólisis con respecto a la metanólisis. Según han indicado los diferentes licenciadores ²⁶, el mismo equipo y cantidad de catalizador son necesarios para que una planta de MTBE se genere a ETBE (96% de conversión de C₄); sin embargo, dadas las características azeotrópicas del etanol es necesario dentro del proceso añadir una segunda etapa de fraccionamiento²⁷, no obstante este equipo se considera más bien un periférico de diseño.

La compañía Phillips Petroleum Co. y otros autores²⁸ han completado un estudio recomendando al ETBE sobre otros oxigenadores tales como el MTBE debido a los beneficios como son destilación de rango medio, gran potencial de dilución de gasolina base y fungibilidad de los gases de escape, otras características son:

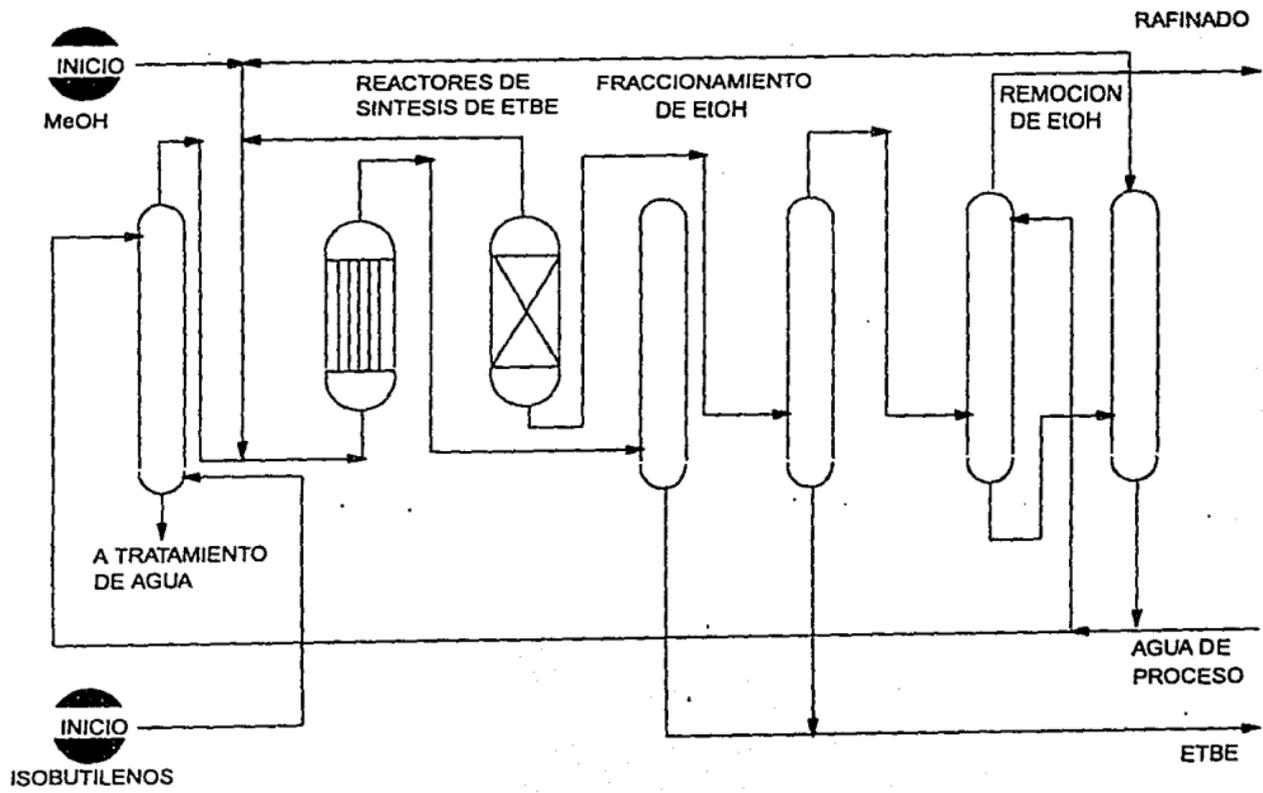
²⁴ Se sabe desde mediados de los años 80 que el envenenamiento por efecto del alcohol de la levadura es por una deficiencia crónica de magnesio y aún cuando no se localizo ninguna patente de una criatura modificada para esta deficiencia es probable que ya exista el microorganismo.

²⁵ Véase la figura 4.3

²⁶ Brockwell, *loc. cit.*

²⁷ Conversión de isobutilenos más de 99%

²⁸ Rose P, *Chemical Marketing Reporter*, Abril 15 de 1991, 15, Potter F. L., "Reformulated Gasolines and Fuel Oxygenates", *Memorias de 1990 Petrochemical Review*, Houston Tx., Marzo 27-29, 1990



Fuente: Brockwell H.L., Saraty P.R., Trotta R.

CARACTERISTICAS	METIL TERBUTIL ETER	ETIL TERBUTIL ETER
VOLATILIDAD	MODERADA	BAJA
OCTANAJE	ALTO OCTANAJE	ALTO OCTANAJE
CONTENIDO DE OXIGENO	ALTO	MODERADO
REACTIVIDAD QUIMICA	BAJA	BAJA A MODERADA
TECNOLOGIA	COMERCIAL	COMERCIAL
MATERIAS PRIMAS	RENOVABLES Y PETROQUIMICAS	PETROQUIMICAS

La presión de vapor de destilación del ETBE es de 3 lb/in², la del MTBE es de 9 lb/in² y la del etanol 20 lb/in². Debido a que el ETBE tiene menos oxígeno por peso que el MTBE o el etanol, se puede añadir más ETBE a la gasolina. Esta característica da la posibilidad a los formuladores de gasolina de cumplir un difícil requerimiento de la *Clean Air Act*, la cual establece un límite al contenido de compuestos aromáticos, azufre y benceno, con objeto de reducir emisiones tóxicas y "adición de reincidentes"²⁹.

El menor contenido en oxígeno del ETBE con respecto a el MTBE ayuda al funcionamiento de los motores, de tal manera que la relación estequiométrica aire/combustible es algo superior y más próxima a la gasolina, no siendo necesario modificar los carburadores hasta mezclas de 20% en volumen del éter. Si se tiene en cuenta su bajo calor latente de vaporización, menor al de MTBE, cabe pensar

²⁹ Hacer gasolinas con compuestos no contenidos en la *Clean Air Act*

que no se presentarán problemas en el arranque del motor en frío, ni durante las aceleraciones.

Tampoco se deben esperar problemas con los materiales del sistema de alimentación del combustible al motor ni con la formación de polímeros en la cámara de combustión.

El estudio también discute los "riesgos fatales" adscritos al ETBE. Uno de éstos es la formación de peróxidos durante el periodo de almacenamiento. Los peróxidos inhiben el mejoramiento del octanaje del ETBE. El estudio no obstante demostró que el ETBE puede ser guardado hasta por seis meses sin formación significativa de peróxidos y sin la necesidad de usar antioxidantes. Sin embargo, cuando está sometido durante largos periodos de almacenamiento a altas temperaturas se recomienda el uso de antioxidantes.

Adicionalmente la tecnología de síntesis química del ETBE y el MTBE son prácticamente idénticas en la zona de reacción y en la zona de purificación, una unidad de adición de rectificación es todo el equipo adicional que se requiere para la fabricación del ETBE, razón técnica por la cual algunos productores de MTBE cambiaron a ETBE en el invierno de 1992.

4.8 CONSECUENCIAS DE REORIENTAR LA INDUSTRIA AZUCARERA

Todas las industrias, como la del azúcar, tienen la amenaza de la sustitución. Así la sustitución es el proceso por el cual un producto o un servicio es sustituido por otro para realizar una o más funciones particulares para un comprador³⁰. La sustitución es una de las cinco fuerzas competitivas que determinan el valor de la industria, dado que la amenaza de sustitución coloca un límite a los precios de la

³⁰ HFSC, aspartame, etc.

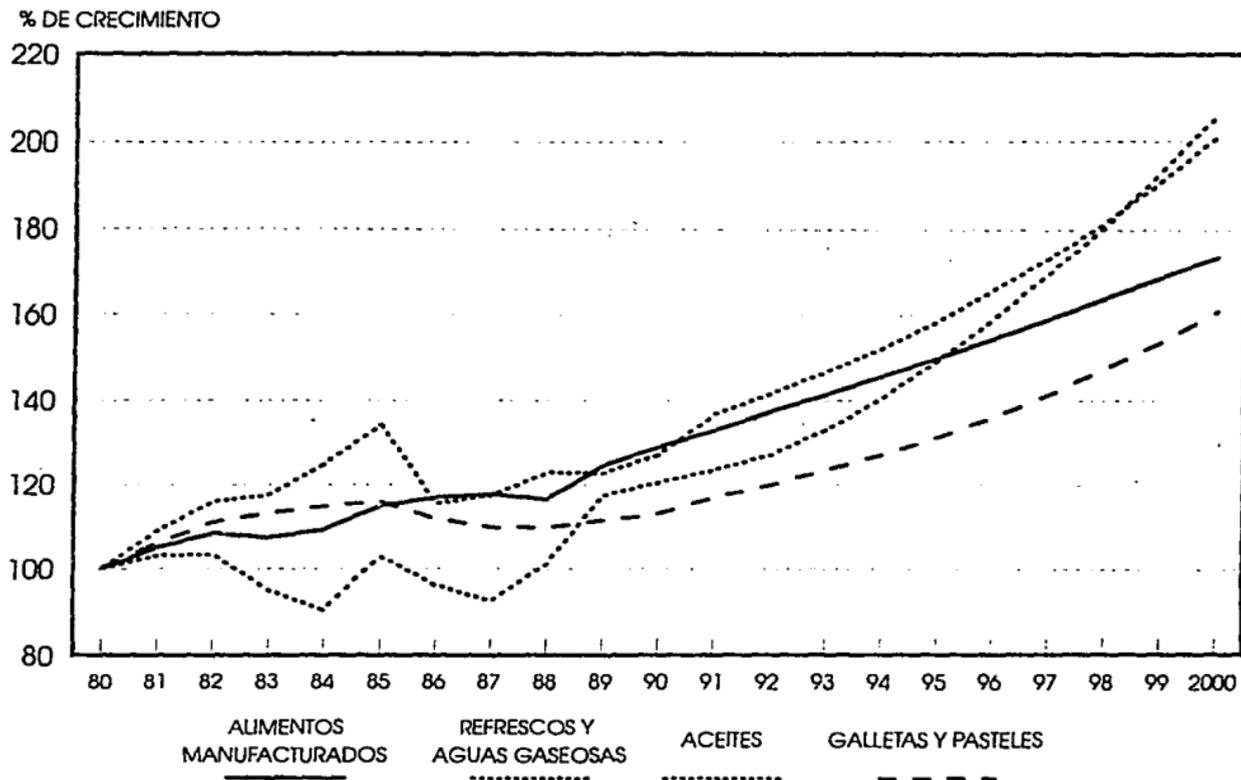
industria. Al mismo tiempo, la sustitución juega un papel prominente en determinar la demanda, en este caso de la industria azucarera. El impedir la penetración de sustitutos favorece que las industrias crezcan, pero la llegada de sustitutos es una razón para su desaparición.

En la Figura 4.4, se muestra una situación contrastante, si bien es cierto que el sector de alimentos en México debe crecer por el efecto de aumento de la población, los mercados donde la participación de la azúcar, refrescos y aguas gaseosas, y galletas y pasteles. Se comportaran de una manera disímilar, galletas y pasteles podría ser un mercado del doble de tamaño que 1980. En cambio refrescos y aguas gaseosas apenas supondra un crecimiento del 60% sobre sus dimensiones de 1980. Aunque estas disimilitudes están más relacionadas con una mejor disponibilidad de agua potable en el país, en un mejor ingreso y en la apertura comercial más que en un avance en las industrias en sí.

Como ya se analizó, en la actualidad el proceso de sustitución de productos en los mercados claves del azúcar es un proceso irreversible en un horizonte amplio de tiempo, lo que en consecuencia llevará al cierre de un número indeterminado de ingenios pequeños y pérdida de superficie de cultivo para la caña de azúcar en México.

Es previsible adicionalmente, a medida que aumente el consumo de edulcorantes artificiales, una porción del 50% del azúcar que está integrada verticalmente, entrará a competir al mercado doméstico abierto llevando a un límite insostenible para los productores medianos no integrados.

FIGURA 4.4
MERCADO MEXICANO DE ALIMENTOS
CRECIMIENTO 1980-2000



Fuente: Investigación Personal

Si los grandes ingenios sobreviven a los altos costos de capital y a la falta de productividad de sus unidades, serán los grandes ganadores en el mercado del azúcar tanto para venta en México como para exportación.

Asimismo el autor considera que el impacto positivo del NAFTA en la industria del azúcar no va a ser importante, dado que el mercado más declinante en el mundo es precisamente Estados Unidos y Canadá. Y serán éstos con los multicitados edulcorantes quienes impondrán una sustitución en los mercados del azúcar.

Por lo tanto, producir melazas para manufacturar etanol de baja humedad, lograría para la industria azucarera y en especial para los pequeños y medianos productores un balance en su portafolio de productos y en su competitividad, ya que el etanol no sólo tiene futuro como materia prima del ETBE, sino que es materia prima "ecológica" de otros procesos químicos y es un disolvente "ecológico" con un muy bajo VOC.

El contar con este mercado les aseguraría una estabilidad en sus ingresos dado que el mercado de la energía es un mercado menos riesgoso que el del azúcar, y no se le imponen subsidios comparables a los de la agricultura; además de ser un mercado en expansión con la actividad económica de todo país. Por otra parte, los productores de ETBE llegarían a Norteamérica con un producto muy funcional, y de especialidad a un mercado con una necesidad específica a largo plazo y que se ajusta en sí al ETBE.

4.9 CONSECUENCIAS PARA PEMEX DE CONTAR CON ETBE

La principal ventaja para PEMEX es la de contar con un producto de especialidad de refinación altamente enfocado a los problemas de México y de los Estados Unidos, en especial un producto que puede adecuarse a muchas de las

regulaciones ambientales del futuro en la región norteamericana y que pueda ser altamente competitivo para limitar intentos de nuevos productores de gasolinas de establecer operaciones en México.

La figura 4.5, usando la técnica de representación del *Boston Consulting*, muestra la actual atractividad del negocio para México, se hace la aclaración que por falta de información de parte de PEMEX el tamaño de los círculos es arbitrario, sin embargo aquí es claro que la posición predominante del MTBE basado en su volumen, y el TAME como subproducto. Pero el ETBE elaborado con ETOH biotecnológico esta en una posición competitiva muy fuerte, a tan sólo inversiones selectivas de parte de los productores dado que el mercado ya existe.

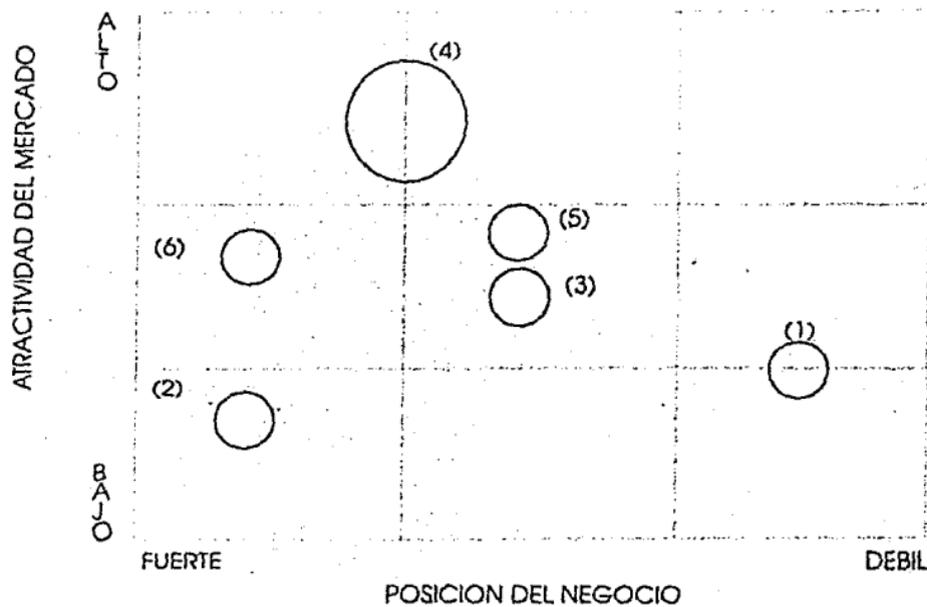
Dentro de la figura se comienza a notar que la posición de *estrella* del MTBE y su tamaño hacen indisputable su posición en la actualidad, pero su crecimiento ha estado ligado a leyes ambientales y no a preferencias de los consumidores que en ocasiones deben pagar el costo de readaptación de su automotor, por lo tanto es sostenible que el MTBE sea ya a fines de 1993 una *vaca lechera*.

La ventana de oportunidad se abre por lo tanto en los próximos dos años, en donde es presumible que las regulaciones futuras de parte de la EPA se dicten en terminos muy favorables para el ETBE por su mayor funcionalidad y creando un nicho de mercado en que PEMEX sería ampliamente favorecido.

4.9 OBSTACULOS PARA LOGRAR LA MANUFACTURA DE ETBE

Históricamente la ingeniería química y la industria que sustenta han crecido a través de la necesidad de encontrar métodos eficientes y económicos para los diferentes procesos químicos que se han ido desarrollando. Así los dominios de la

FIGURA 4.5
POSICION RELATIVA DE LOS MEJORADORES DE OCTANAJE
EN NORTEAMERICA



(1): TETRAETILO DE PLOMO
 (2): ETBE PETROQUIMICO
 (3): ETBE MEZCLA

(4): MTBE
 (5): TAME
 (6): ETBE BIOLÓGICO

Ingeniería de procesos químicos donde la cinética y la ingeniería de reacción de conversiones químicas juegan el papel principal y el procesado térmico y mecánico de la mezcla de reacción forman el valor más grande la inversión. Dado esto, la ingeniería de procesos químicos ha sido principalmente durante los últimos 40 años, una disciplina con fundamentos científicos basados en la cinética de reacciones y en los fenómenos de transporte.

La Biotecnología es parte de la ingeniería de procesos, sin embargo la principal diferencia entre la ingeniería de bioprocesos y la ingeniería de procesos químicos, radica en el manejo de materiales biológicos (enzimas, microorganismos, células de animales y vegetales) y requiere de medidas especiales (debido a la sensibilidad al esfuerzo mecánico y térmico) y adicionalmente exhiben propiedades especiales de materiales (p. ej. comportamiento reológico o espumante). Finalmente un número de procesos biológicos deben desarrollarse bajo estrictas medidas de esterilidad. A lo largo del tiempo se ha encontrado que los procesos biológicos pueden dividirse en dos grandes clases por su tipo de operación³¹. La mayor en volumen es la que se ocupa del tratamiento de aguas residuales; este es un proceso continuo y sin control de esterilidad. Y por otro lado, prácticamente todos los procesos biotecnológicos industriales (antibióticos, enzimas, aminoácidos, ácido cítrico), son en raras ocasiones continuos y operan con diferentes niveles de esterilidad.

Con estos problemas se inició la industria de las fermentaciones industriales en la década de los años treinta con la producción semi-continua de levaduras de uso para la industria farmacéutica en productos tales como las Penicilinas, producción de ácido cítrico y unos pocos más³². En la década de los años cuarenta los procesos

³¹ Zlokarnik M., "Trends and Needs in Bioprocess Engineering", *Chem. Eng. Prog.*, Abril de 1990, 62-67

³² Paul E.L., Rosas C.B. "Challenges for Chemical Engineers in the Pharmaceutical Industry", *Chem. Eng. Progress*, Diciembre de 1990, 17-25

farmacéuticos crecieron usando la idea del escalamiento directo de procesos bioquímicos usados en el laboratorio hacia procesos industriales de manera directa, pero esto originó muy severos problemas de operación y duras limitaciones de flexibilidad.

Pero hacia comienzos de la segunda guerra mundial se necesitó un cambio muy marcado en la tecnología de fermentaciones, entonces la compañía Merck & Co. desarrolló **el tanque de inmersión**; que en esencia consiste de un tanque vidriado con un agitador y un distribuidor de aire, la idea de este equipo es que se produce una sinergia donde el agitador genera una gran área de superficie de contacto que transfiere masa y energía de las burbujas de aire hacia el medio de cultivo y del medio de cultivo a los microorganismos.

Esta tecnología sentó el precedente para todos los subsecuentes de manufactura de antibióticos y numerosos productos de síntesis de microbiana o fungal. El desarrollo de la tecnología del tanque de inmersión prosigue hasta el presente y sus nuevos objetivos incluyen cultivos de células sumergidas y tecnologías de productos recombinantes.

La industria biotecnológica ha experimentado una rápida expansión, especialmente en la década de los años 80. Un ejemplo de este avance es la industria farmacéutica, en la que el uso intensivo de la tecnología del tanque de inmersión en la producción de una gran variedad de productos ha redundado en una enorme disminución de costos.

Las mejoras en la tecnología y operación del tanque de inmersión, entre los que se puede mencionar el uso de lechos fluidizados ha permitido el trabajo con los cultivos celulares, tecnologías recombinantes, células inmovilizadas, etc.

El problema que se presentó es que el proceso de separación (*Downstream processing* en inglés) resultaba más costoso y difícil que la síntesis de los productos. Esto es claro cuando se considera que se tuvo que recurrir a técnicas tan finas como cromatografía líquida de alta eficiencia, uso de membranas selectivas, etc³³.

4.10 DOWNSTREAM PROCESSING

Al usar las operaciones unitarias convencionales de la Ingeniería química en Biotecnología se presentan las siguientes situaciones³⁴:

- El uso de procesos de separación mecánica tales como filtración o centrifugación tiene problemas en biotecnología dado el especial comportamiento de los materiales biológicos (líquidos viscosos, espumas) no encontradas en los procesos químicos convencionales.
- La importancia de procesos de separación térmica (rectificación, extracción, secado) en biotecnología es limitada por la pobre estabilidad térmica de los biomateriales.
- Debido a la predominancia de medios acuosos en biotecnología, otros procesos de separación tales como flotación, partición entre dos fases acuosas, electrodiálisis, etc., ganan importancia. Estas son casi desconocidas en las operaciones de la industria química convencional.

Como ya se mencionó, el actual estado del arte con respecto a los métodos de separación en Biotecnología está muy desfasado con respecto al diseño de reactores, desarrollo de nuevos organismos, ó técnicas recombinantes de DNA.

³³ Fitzpatrick et. al., "Implement Good Manufacturing Practices for the production of Biopharmaceuticals", *Chem. Eng. Progress*, Diciembre de 1990, 26-31.

³⁴ Zlokarnik, loc. cit.

La industria farmacéutica, la más avanzada en la problemática, con un estado de alta competencia internacional y sobre todo por el alto nivel de violación de patentes en muchos países, ha optado por publicar avances en términos generales y de guardar muchos de sus hallazgos como secretos comerciales.

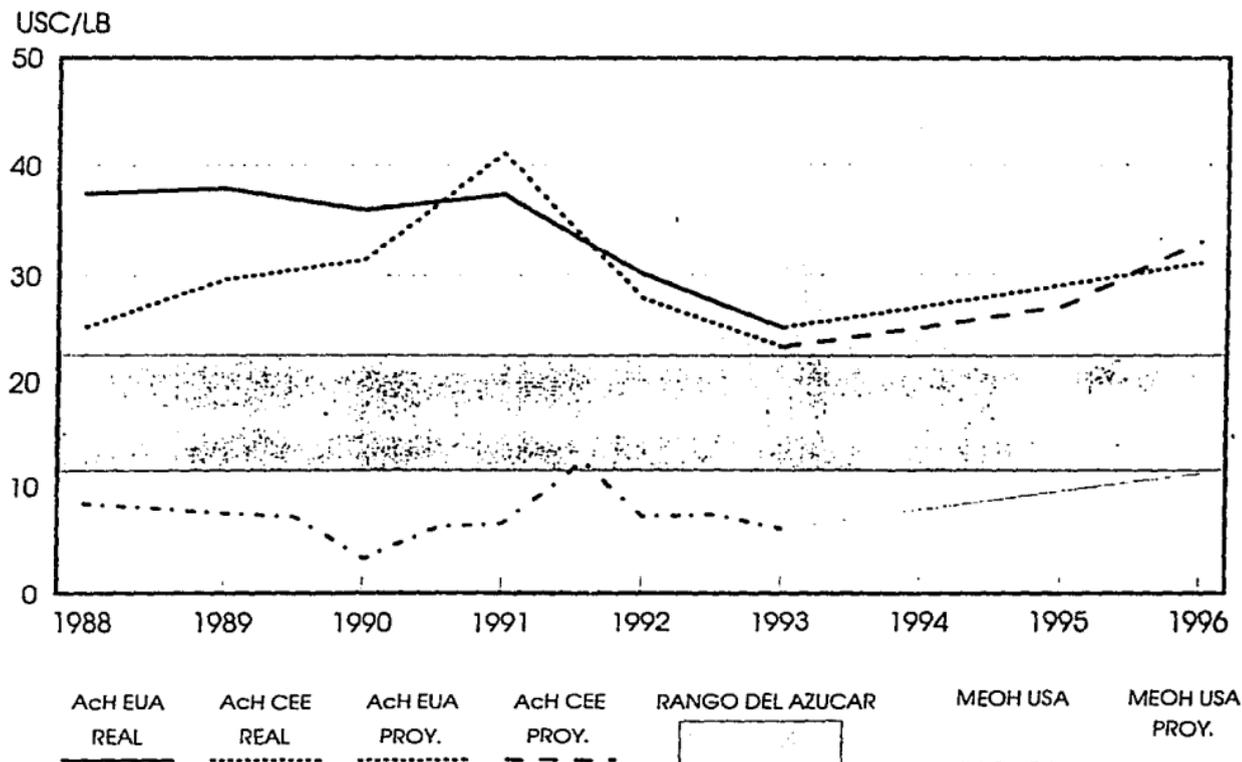
El principal obstáculo técnico para cualquier compañía que desee en el futuro tener una ventaja competitiva sostenible en el segmento de bioenergía es contar con un sistema de separación convencional y de alta energía.

Bajo este análisis se plantea que la manufactura de etanol actual llevada a cabo en México por los ingenios azucareros es un proceso intermedio, sin ser batch, pero sin contar con ningún nivel de esterilidad que provoca bajos rendimientos y altos costos de operación. En el caso que estamos analizando el punto más crucial es la separación del etanol, primero de la fermentación y después de la mezcla de isobutilenos y ETBE. Como se sabe, la mezcla de etanol-agua es un azeótropo y por lo mismo para purificarlo por un método clásico como es la destilación, es necesario agregarle un tercer componente que por muchos años fue el tolueno. En la actualidad este procedimiento es inaceptable, dado que por un lado es poco económico al ser intensivo en energía y por otro por los problemas ambientales que implica.

En la figura 4.6 se muestran las características que hemos descrito, la tecnología convencional Batch, requiere una gran inversión dado que es intensiva en energía y de sistemas pocos selectivos para disminuir la humedad.

En cambio la tecnología de fermentación continua con selectividad para el etanol, es de baja energía métodos de separación *ad-hoc* lo que redundaría en equipos más pequeños y con una menor inversión logrando una gran ventaja de costo.

FIGURA 4.6
PRECIOS INTERNACIONALES DEL AcH
Y SU SENSIBILIDAD CON RESPECTO AL AZUCAR Y MEOH



Fuente: Investigación Personal

Todas las tecnologías de la figura 4.6, están calculadas para una capacidad de $2 \cdot 10^9$ litros/año y sólo incluye el costo de equipo mayor.

4.11 TENDENCIAS DE LA INDUSTRIA

La Biotecnología está en la actualidad más orientada hacia la industria farmacéutica donde ha sido más exitosa, o hacia la agricultura donde en la actualidad se manufacturan productos de alto valor agregado y además tiene grandes perspectivas de crecimiento. Sin embargo, hacia el mercado de energía, el mayor problema de la biotecnología es encontrar nichos comerciales para su desarrollo.

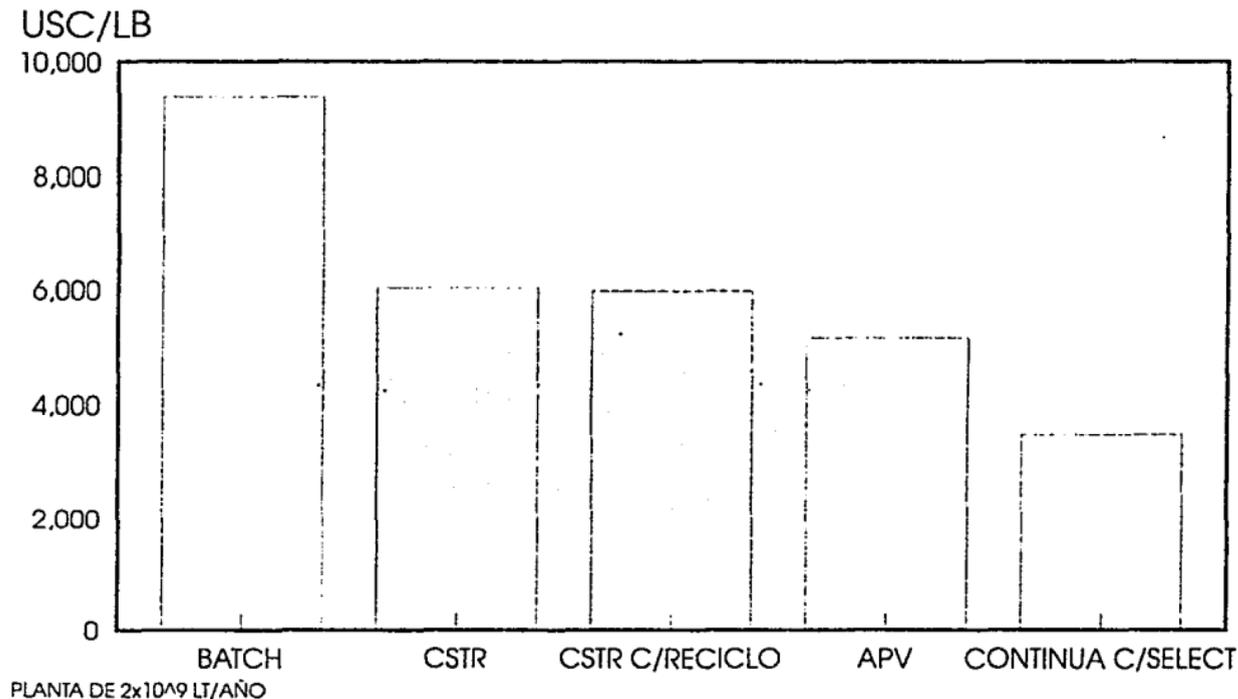
Con excepciones, las materias primas de la industria de la energía no están bien definidas; y generalmente los protocolos de investigación no son adecuados para este objetivo, otros problemas de carácter institucional son la variabilidad en las regulaciones ambientales que den parámetros a largo plazo.

Los costos de producción sin embargo sí puede ser perfectamente diferenciados para un grupo de tecnologías disponibles hoy en el mercado, figura 4.7.

En las biotecnologías es muy notable la incrementalidad de la tecnología en la cantidad de biomateria que se puede convertir y la pureza con la que se consigue, así para una misma pureza (99%, grado químico), el proceso convencional batch con levaduras comunes logra costos demasiado altos no obstante la economía de escala $2 \cdot 10^9$ Lt/año (el mínimo de una planta mundial rentable). En cambio el proceso continuo con selectividad hacia el etanol llega hasta el umbral de un triple del valor del metanol, todos estos precios son a costo antes de impuesto.

4.12 ACETALDEHIDO SINTETICO

FIGURA 4.7
INVERSION EN EQUIPO PARA DIFERENTES TECNOLOGIAS
DE FERMENTACION DE MELAZAS



Fuente: Investigación Personal

Como ya se analizó el costo del etanol sintético es mayor al del biotecnológico, no obstante para PEMEX es una ventaja estratégica ser el mayor productor norteamericano del acetaldehído a partir de etileno (más de 220 MTONaño), por lo siguiente:

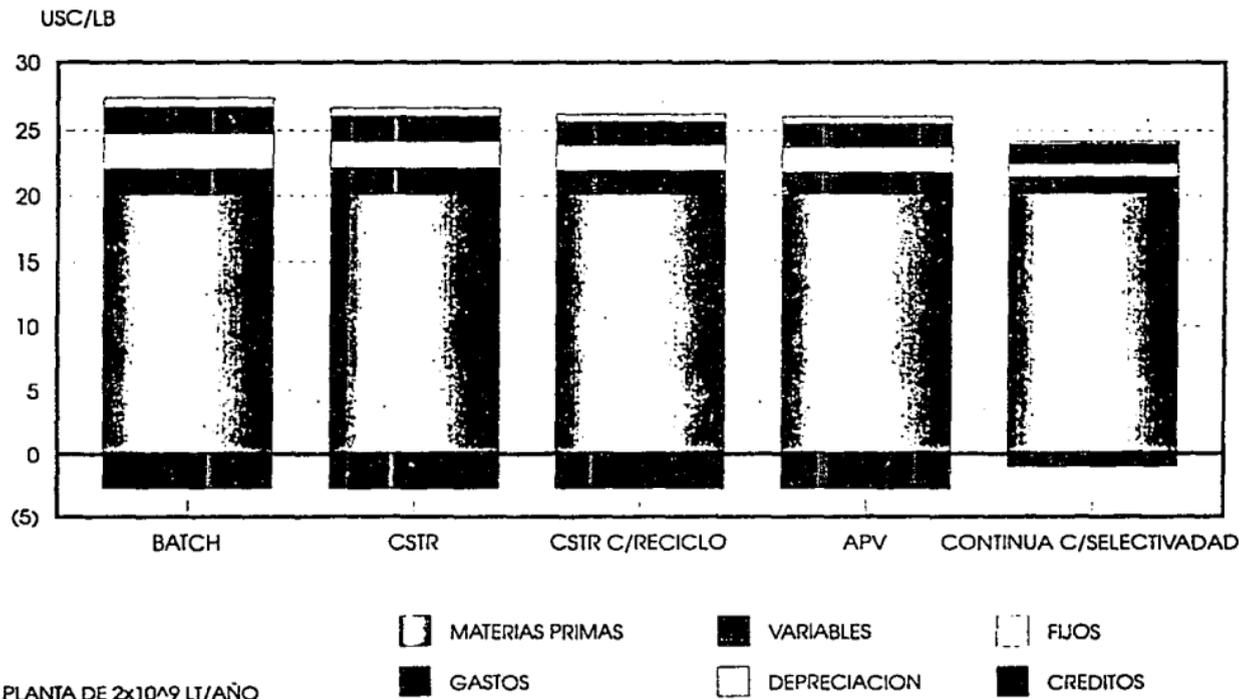
- La mayor crítica para las industrias agroindustriales es su inestabilidad en el suministro de materias primas, en épocas de siembra o por causa de un desastre natural.
- El azúcar, aún cuando es un producto declinante puede tener periodos de alto precio; el contar con acetaldehído puede obligar a los productores agrícolas a firmar contratos de largo plazo, que a fin de cuentas los beneficiaría.
- Se volvería una opción para la salida de acetildehído en caso de que creciera la capacidad ociosa ante la salida de productos manufacturados a partir de este producto químico.

Un análisis gráfico de las ventajas de retener capacidad de acetaldehído se muestra en la figura 4.8 donde se aprecia que el precio del AcH en los ciclos bajos del etileno se acerca al umbral del precio de la tecnología de fermentación continua con selectividad al etanol. Por lo tanto el acetaldehído es más un factor de fuerza en el mercado mexicano que un eventual sucedáneo.

4.13 PRODUCCION POTENCIAL DE ETBE EN MEXICO

Para poder desarrollar esta estimación, ubiquemos el mercado de los refrescos en México. México es el segundo consumidor mundial de refrescos sólo atrás de Estados Unidos, una de las principales razones que ha contribuido a su gran difusión en México es el deficiente estado de la red sanitaria a lo largo del país lo

FIGURA 4.8
ESTRUCTURA DE COSTO PARA DIFERENTES TECNOLOGIAS
DE FERMENTACION DE MELAZAS (1993)



PLANTA DE 2x10⁹ LT/AÑO

Fuente: Investigación Personal

que inhibe el consumo de agua potable por la poca certeza de su calidad bacteriológica.

Debido a esta situación, las dos más importantes compañías multinacionales del mercado de refrescos Pepsi Co. y Coca-Cola Co. se han desarrollado vigorosamente, en especial en los años 70 donde gracias a los subsidios en energía y azúcar lograron ganar una importante escala y una estructura de bajo costo.

En la actualidad se han dado dos estrategias diferentes en ambas compañías en cuanto a la provisión del dulce, por un lado Pepsi Co. y sus filiales han adquirido ingenios y busca comprar más. Coca-Cola sólo posee una pequeña fracción y aparentemente está más dispuesta a importar miel de fructosa que su competidora, de tal manera que ambas poseen el 50% de la capacidad, el resto del volumen se ha ubicado como independiente, no obstante que de la capacidad integrada se piensa que al menos el 20% en épocas de zafas abundantes salen a competir al mercado abierto como ocurrió en el periodo 1992-1993.

Sin embargo, el segmento de refrescos que apareció antes de 1987 es un mercado maduro que crece al ritmo de la población y que permanecerá estable hasta 1998. El segmento más vigoroso, los refrescos dietéticos será dominado por el aspartame de Nutrasweet en base al convenio que firmaron las casas matrices de ambas compañías en 1992. De hecho como se trató en el capítulo 3, es probable que alcance una participación de mercado del 10% antes de 1998.

En base a esta suposición se ha previsto que al menos 2 millones de toneladas de azúcar podrían reorientarse hacia la producción de ETBE. Dado que esa es la cantidad aproximada de azúcar que se perdería para fabricar $2 \cdot 10^9$ litros/año en

una planta de dimensiones mundiales de etanol por fermentación continua y alta selectividad de etanol usando cepas de levadura inmovilizadas.

POSIBILIDADES A FUTURO DEL ETIL TERBUTIL ETER EN LA REGION NORTEAMERICANA

5.0 COMPETENCIA INTERNACIONAL Y REGIONAL EN METANOL

Al comienzo de la década de los años 80, en la región norteamericana se tenían consumos de metanol similares a los del resto del mundo relativos al alcohol en la demanda por uso final, en donde el formaldehído era el principal consumidor.

En la actualidad se estima que la capacidad de Metanol mundial es de 22,794 miles de toneladas con una operación del 84% de capacidad; no se esperan más que tres o cuatro plantas más de dimensiones mundiales hasta 1996¹.

Como un producto químico, el metanol es un producto maduro, por lo que se espera que su crecimiento a largo plazo sea sólo de 2% a 3% anual y el MTB puede fácilmente sustituir al formaldehído como el principal consumidor de metanol. De acuerdo a un número de analistas², el 45% de participación mundial del formaldehído en 1986, puede caer hasta sólo un 33% para 1995, en cambio el MTBE que sólo tenía el 8% del consumo en 1986, puede crecer hasta el 33% en 1996.

Durante algún tiempo un número de especulaciones con poco fundamento han alimentado la esperanza de que crezca el consumo de formaldehído a mediano plazo. En la actualidad la capacidad de formaldehído en E.U.A. es de 10,080 millones de Lb/año³, el principal productor es Borden Chemical con 2,550 millones de Lb/año y 20 plantas en el país, el otro gran productor

¹ Se considere una planta mundial es aquella que tiene 800 mil toneladas.

² Lipman C., "Dreams bruised as Methanol takes fall", *European Chemical News*, 30 de Noviembre de 1992, 16-17

³ 4,597 mil toneladas/año

Hoechst-Celanese tiene 2,135 millones de Lb/año lo que le da características de un mercado muy disperso y maduro, donde sólo consume 6,615 millones de Lb/año (3,017 MTON/año) y que se espera que en el periodo 1992-1997⁴, crezca a un ritmo de 2.5% anual hasta llegar a 7,300 millones de Lb/año⁵.

En contraste, en la actualidad existe un fuerte aumento en el consumo de ácido acético⁶, basado en dos hechos, los productos derivados del ácido acético (VAM, ésteres acéticos) tienen ventajas de aplicación ecológicas y en 1996 expira la patente del proceso Monsanto/British Petroleum de carbonilación del metanol. Partiendo de este supuesto, se tiene que en la actualidad existen 8 plantas de ácido acético que operan con el proceso de carbonilación con una capacidad nominal de 2.78 millones de Ton/año y representan el 44% del mercado mundial. Con la actual sobrecapacidad norteamericana de VAM, David Thomas⁷, gerente de Licenciamiento Comercial de BP espera sólo modestos crecimientos en los derivados del ácido a nivel mundial⁸. En la cuenca del Pacífico, se esperan grandes crecimientos para el PTA dadas las recientes expansiones de fibra poliéster de China, Corea del Sur y Taiwan⁹. Dados estos sucesos, los productores de metanol estiman que se podría satisfacer la demanda para el mercado mundial del ácido acético hasta 1996 si se opera a capacidad y se tiene buena logística.

Francesco Cima, director de suministros de Ecofuel, predice que si por alguna razón existe un desabasto de metanol en este periodo de transición los precios se elevarán demasiado. Cuando este desbalance se equilibre, algunas de las pequeñas plantas con poca capacidad¹⁰ o materias primas caras¹¹, deberán cerrar sus

⁴ Véase la figura 5.1

⁵ 3,017 miles de toneladas/año

⁶ En 1993 de 3%-4%, en 1996 de 5% a 10%

⁷ Chemicalweek, 13 de Febrero de 1993

⁸ Véase de la figura 5.1 hasta 5.6

⁹ Figura 5.4, *ibidem*

instalaciones. En Ecofuel esperan, que la mayoría de la producción sea abastecida por las nuevas plantas que recién arrancaron, que son entre 4 y 8 de escala mundial.

Dada esta situación, se han analizado financieramente un número de proyectos de difícil ejecución como son los de Qatar, Venezuela¹² y Nigeria, con resultados contradictorios. Dado que como ya se explicó, el metanol cuenta con un historial financiero negativo en las dos últimas décadas, los bancos están exigiendo a las compañías una alta capacidad de autofinanciamiento que en la actualidad ni la muy rentable operación de Trinidad¹³ está logrando. Si la nueva capacidad llega con retraso a la segunda ola de regulaciones de *Clean Air Act* de 1996 es probable que los inversionistas pierdan un buen negocio, este retraso ha generado una ola de alianzas para afrontar la estrechez financiera¹⁴.

En este sentido la figura 5.1 es muy ilustrativa, de aquí se concluye que los cierres de plantas obsoletas cuando el precio del gas llegue al mismo valor que el del petróleo crudo¹⁵, la demanda aumenta hasta llegar a la capacidad teórica sin un aumento de capacidad dados los antecedentes de este negocio en la región denominada *Gulf Coast*; por otra parte se ha previsto un escenario conservador para la implantación de la segunda fase de la *Clean Air Act* en base a correcciones de la misma EPA¹⁶, así como también de consideraciones de mercado¹⁷.

Se proyecta que el volumen del metanol del mercado libre¹⁸ sea controlado por un pequeño grupo de compañías, que operen lejanas plantas basadas en gas natural

¹⁰ San Martín de PEMEX en Puebla es de 150 mil Ton/año, en la figura 5.1

¹¹ Gas de síntesis a partir de nafta como son muchos productores europeos, figura 5.3 y japoneses, figura 5.5

¹² El proyecto denominado José II

¹³ Caribbean Methanol, Trinidad, en la figura 5.2

¹⁴ Gulf Coast Methanol, es una joint-venture de Hoechst-Celanese y Methanex para operar la relativamente vieja planta de Clear Lake, E. I. Dupont vendió su planta de Peumont Texas a un grupo de pequeñas refinerías.

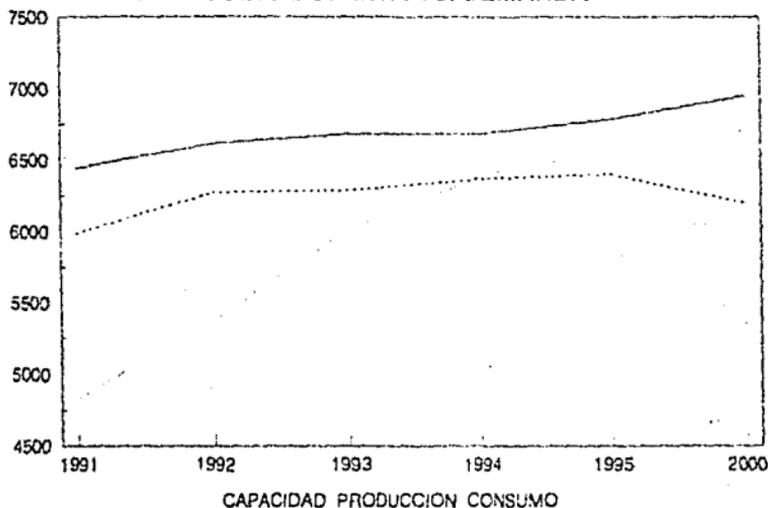
¹⁵ El caso de Japón también ejemplifica este suceso en la figura 5.1e

¹⁶ Davies 1992, loc. cit

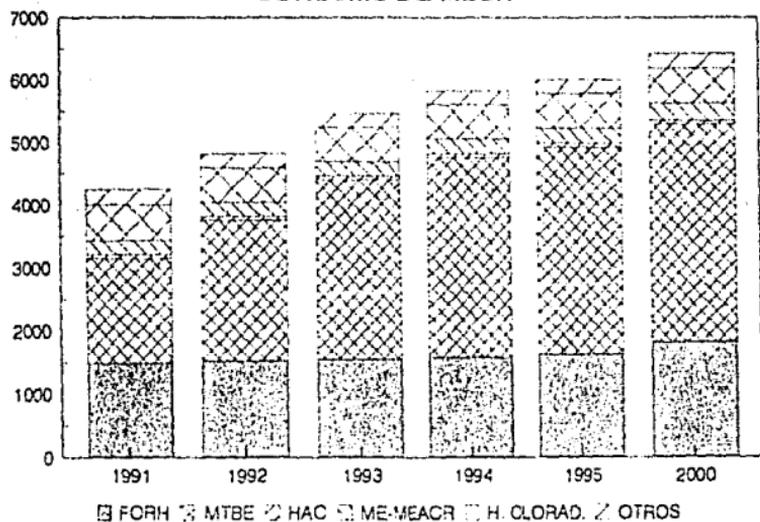
¹⁷ Liptman C., "Dreams bruised as Methanol takes toll", *European Chemical News*, 30 de Noviembre de 1992, 16-17

FIGURA 5.1 METANOL EN NORTEAMERICA

BALANCE OFERTA VS. DEMANDA



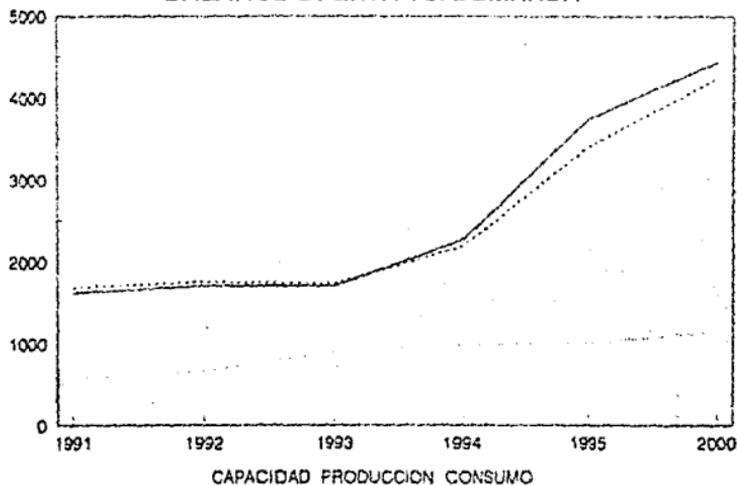
CONSUMO DE MEOH



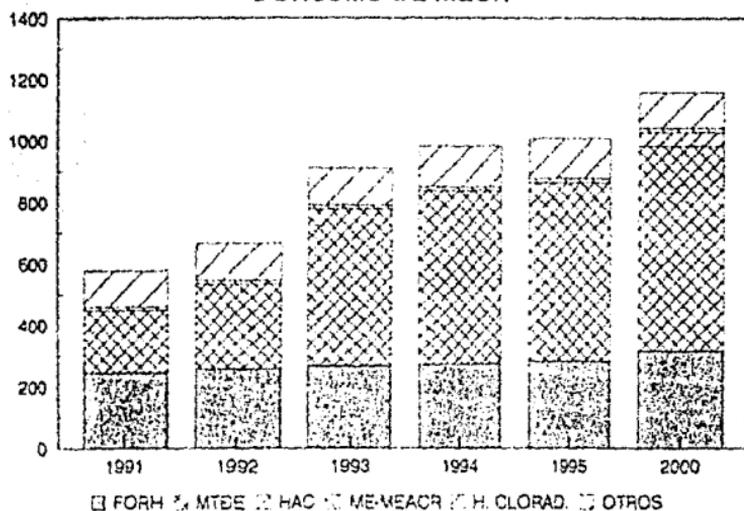
Fuente: Investigación personal
Metanol Weekly Report

FIGURA 5.2 METANOL EN AMERICA LATINA

BALANCE OFERTA VS. DEMANDA



CONSUMO DE MEOH



Fuente: Investigación personal
Metanol Weekly Report

barato¹⁹. Si los porcentajes de operación se incrementan en los próximos tres años (a más de 90%), algunos problemas técnicos en estas plantas pueden alterar el abasto del mercado²⁰.

Las incertidumbres asociadas al mercado de MTBE en toda proyección son mayores que las del metanol, pero se considera que tiene un futuro más difícil. A fines de 1992 se considera que existe un sobreabasto²¹.

Otra dificultad, proviene de los nuevos actos proteccionistas en Estados Unidos para impulsar el consumo de etanol en detrimento del metanol importado que se generaron desde 1991 y que culminaron en 1992 con la enmienda a la ley del etanol para uso como combustible.

5.1 COMPETENCIA INTERNACIONAL Y REGIONAL EN COMPUESTOS OXIGENADOS

La industria de refinación en Norteamérica originalmente hacia 1990 proyectó que el abasto de compuestos oxigenados no podría satisfacer al creciente consumo del mercado en EE.UU. Estas proyecciones han sido corregidas, pero han dado como resultado dos teorías de comportamiento de la industria (las realizaron CMAI y PACE)²².

En el reporte de PACE, se indica que el sobreabasto de metanol de fines de 1992 es el resultado de las enmiendas de la *Clean Air Act* de 1990. Sin embargo, en la actualidad el producto líder del mercado norteamericano es el MTBE, lejos están el ETBE y el TAME.

¹⁹ Presuntamente un 46% del total producido

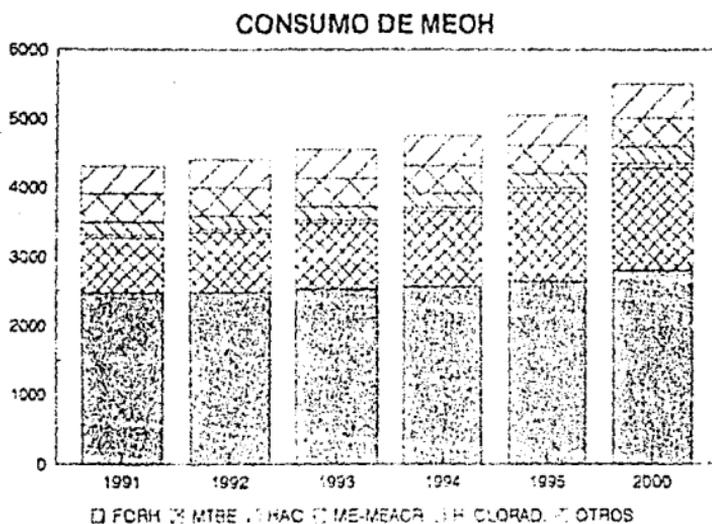
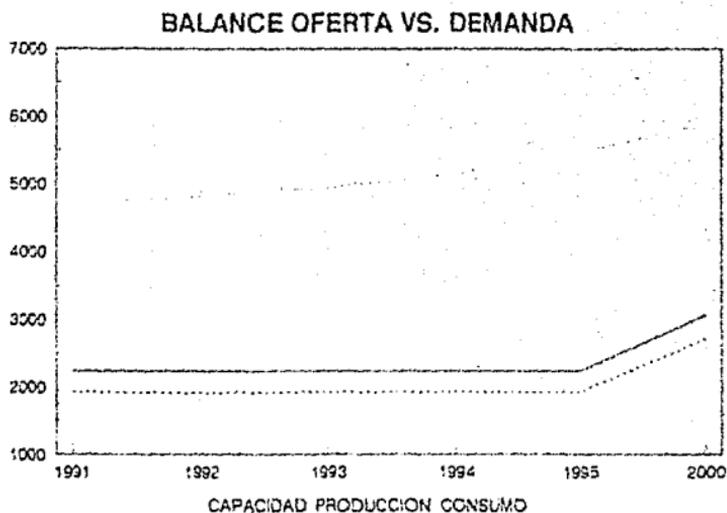
²⁰ Arabia Saudita figura 5.6, Chile figura 5.2, Trinidad, figura 5.2 y Canadá, figura 5.1.

²¹ Si se observa la figura 5.1 se verá que en Norteamérica en todo caso habrá problemas.

²² A inicios del año 1993 se consideraba un abasto en equilibrio.

²³ Lipman, loc. cit.

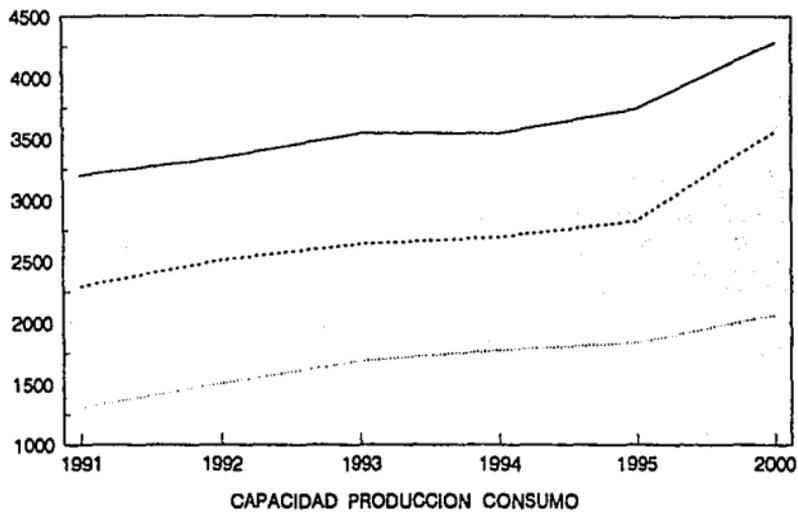
FIGURA 5.3 METANOL EN EUROPA OCCIDENTAL



Fuente: Investigación personal
 Metanol Weekly Report

FIGURA 5.4 METANOL EN LA CUENCA DEL PACIFICO

BALANCE OFERTA VS. DEMANDA



CONSUMO DE MEQH

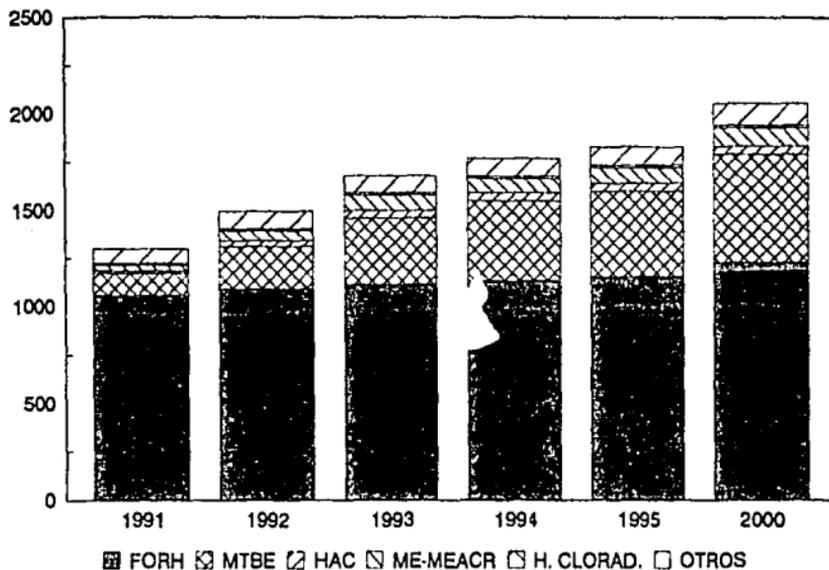
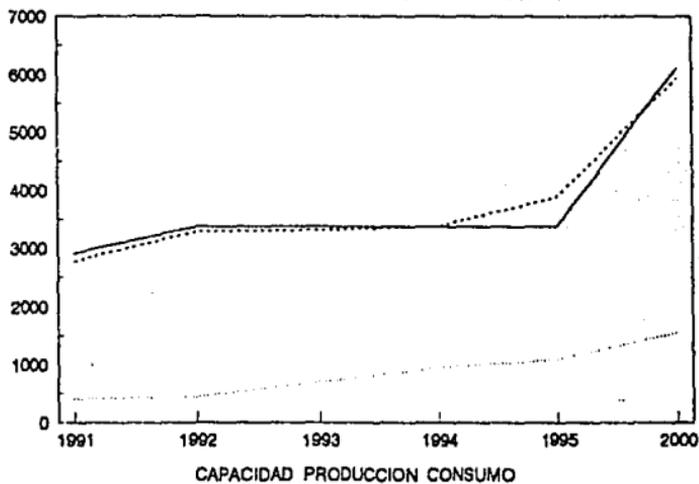
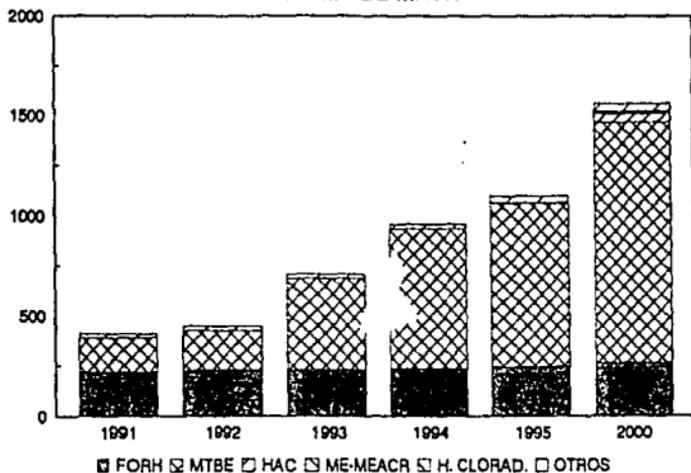


FIGURA 5.5 METANOL EN MEDIO ORIENTE

AMERICA LATINA BALANCE OFERTA VS. DEMANDA

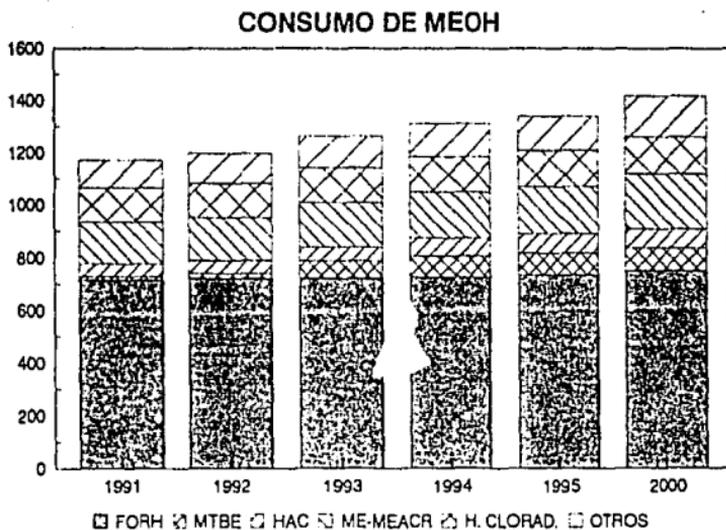
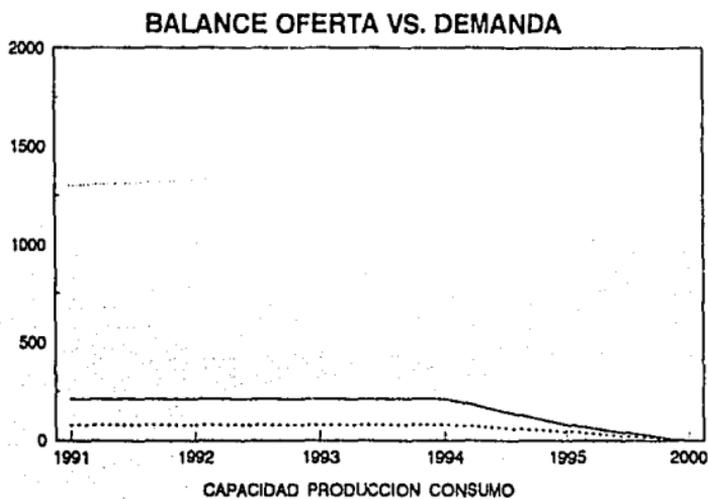


MEDIO ORIENTE CONSUMO DE MEOH



Fuente: Investigación personal
Metanol Weekly Report

FIGURA 5.6 SITUACION DEL MEOH EN JAPON



Fuente: Investigación personal
Metanol Weekly Report

La industria estima que la producción metanol para el 1 de Noviembre de 1992 se alcanzó en Septiembre, debilitando los precios del invierno de 1992-1993. En 1993 la demanda de MTBE representará el 3.3% de la demanda de la gasolina, y para 1995 se espera que represente el 6.6% cuando se cumplan plenamente las regulaciones.

La Figura 5.7. muestra la demanda mundial de gasolina que proyecta PACE hasta 1997²³; en ese estudio se discuten los problemas asociados al MTBE, en especial el referente a la formación de ozono (discutido en el capítulo 2) y se polemiza sobre la posibilidad de que la EPA decida disminuir la cantidad de MTBE en la gasolina de 1996, impactando necesariamente su precio. Esto se debe a que los modelos de computadora que usó en 1988 y 1989 la EPA para la formulación de las enmiendas de 1991 no tomaban en cuenta al metano y sus implicaciones en el esquema del efecto de invernadero.

Basándose en proyecciones de la industria²⁴, el total para la demanda en la región norteamericana se espera se incremente de 6.2 millones de Ton/año en 1990 y llegue a ser de 8.6 millones en 1995, con incrementos anuales de 6.6%. Estos valores contrastan con el 4.3% del periodo 1985 a 1990 y representan un incremento significativo en el crecimiento de un producto que antes de 1985 era considerado "maduro". La mayoría del incremento provino de los consumos orientados hacia MTBE más que de los otros productos que sólo mostraron un incremento de 1.6% de crecimiento en el mismo periodo proyectado.

En contraste con este valor alto para el resto del mundo se espera un explosivo crecimiento de 23.9% en la demanda y un 20.7 % en la capacidad (figura 5.3)

²³ Davies, *loc. cit.*

²⁴ *Ibidem*, figura 5.1

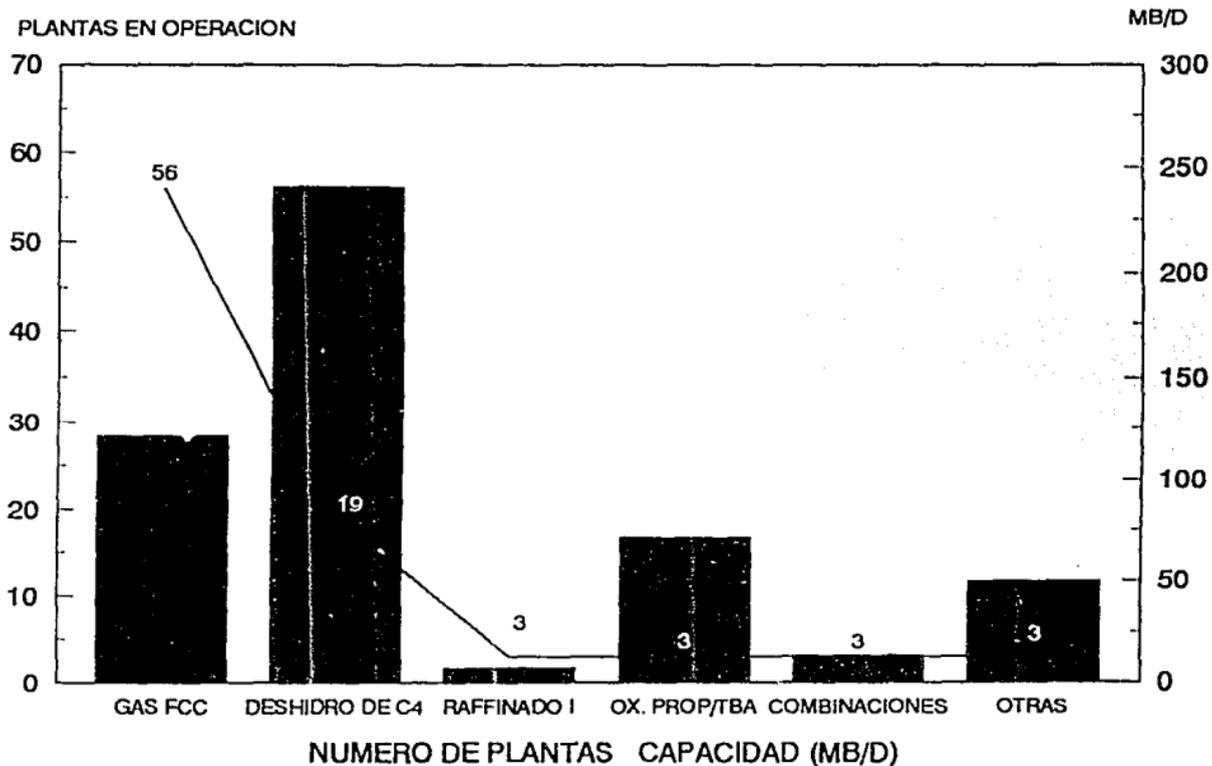
sin embargo, PACE está suponiendo un traslado de la normativa de E.U.A. hacia el resto del mundo prácticamente sin cambios, lo que es difícil que ocurra; por otro lado PACE es pesimista en cuanto a los niveles de operación donde predice índices de 80% en 1993 hasta sólo 83% en 1996²⁵.

Sin embargo, a pesar del gran incremento de la capacidad, la transformación de las unidades de isobutilenos en Norteamérica no ha ido aparejada al bajo costo; la figura 5.3 muestra que en la actualidad la tecnología preferida para isobutilenos es la de deshidrogenación de butanos, sin embargo, es penalizada con un muy alto costo. Se espera que la tecnología de FCC, también tenga esta desventaja de costo, a pesar de ser la tecnología predominante hacia 1995 cuando llegue la segunda etapa de la *Clean Air Act*. También es notable que algunos productores con tecnologías propias como ARCO y CHEVRON que ya reconvirtieron sus plantas de deshidrogenación de butanos para que alimenten plantas de ETBE ante la conveniencia de mantener un alto precio para tener márgenes de utilidad también altos. Por esta razón el autor piensa que el proyecto de PEMEX de deshidrogenación de butanos con tecnología CATOFIN en Tabasco, que es la misma tecnología que la de estos productores también es susceptible de este cambio.

En cambio CMAI (Chemical Market Associates Inc.) estima que la demanda mundial de isobutilenos para uso en M⁷ se crece un 20.9% anualmente, lo que llevará el volumen de producción a 12 millones de toneladas/año en 1996. La capacidad aumentará a un ritmo de 23.6% , creciendo de los 10 millones de toneladas/año de capacidad en 1991 a las esperadas 22 millones de toneladas/año en 1996. Los porcentajes de operación a su vez se esperan en niveles que pueden

²⁵ Davies, *loc. cit.*

FIGURA 5.7 :PLANTAS DE MTBE EN USA



Fuente: Sullivan B.

fluctuar de 73% en 1991 a 83% en 1996 según CMAI²⁶.

Los avances tecnológicos son una amenaza también para el MTBE, un grupo de productores que son compradores netos de MeOH desarrollan productos que no requieren metanol, al que consideran de alto costo. Otro factor de alto costo para los productores de MTBE son los isobutílenos que se producen a partir de deshidrogenaciones de butanos, dado que no todas las refinerías cuentan con una misma tecnología. Esta nueva generación de éteres son mezclas catalíticas de agua y propileno de unidades FCC creando DIPE (éter di-isopropílico), que potencialmente podría llenar los requerimientos de compuestos oxigenantes si se desarrollan los catalizadores adecuados.

El anticipado crecimiento en la demanda para MTBE estará impulsado por las interpretaciones actuales de la *Clean Air Act*. Cuando se publicó esta ley, se estableció un calendario de introducción de gasolinas mejoradas. Sin embargo fue necesario dictar una moratoria en el transcurso de 1991 para que se retrasara el programa hasta enero de 1993 ante la imposibilidad de que las refinerías pequeñas y medianas cumplieran con la ley y además no entraran en desabasto.

5.2 FUTURAS REGULACIONES ECOLOGICAS NORTEAMERICANAS Y SU IMPACTO EN LA NUEVAS GASOLINAS

A partir de 1995 comenzará la segunda ola de regulaciones contenidas en las enmiendas de la *Clean Air Act*, las especificaciones que contendrá para la gasolina son las siguientes:

²⁶ Davies, *loc. cit.*

- Para 1995, un 15% de reducción el VOC y contaminantes tóxicos del aire con respecto a 1992. Hacia el año 2000 esta reducción se deberá incrementar de un 20% a 25%.
- Para 1995, un máximo de 1% en volumen de benceno
- Un mínimo de 2% en volumen de oxígeno
- Un máximo de 25% de compuestos aromáticos
- Aditivos que controlen depósitos
- Sin plomo

AMBIGÜIDADES DE LA LEY AMBIENTAL.

A pesar de que los requerimientos de la ley son muy específicos, para efectos operativos es muy ambigua en los siguientes aspectos:

- La ley específica que la gasolina de 9 áreas urbanas (que no cumplen las regulaciones del ozono) se debe reformular al menos durante los meses del verano y probablemente durante todo el año para dar plena seguridad ecológica. En estas áreas deben incluir 2% de oxígeno en la mezcla. Adicionalmente en áreas específicas que no cumplan con las regulaciones del dióxido de carbono, su mezcla debe tener 2.7% de oxígeno durante los meses de invierno. Sin embargo, en una geografía tan dispersa como lo es norteamérica estas áreas consumen el 20% del volumen de gasolina lo que origina los siguientes problemas:.
- Los problemas de logística no los previene la ley, así no se puede segregar la gasolina de áreas bajo regulación de aquéllas que no tienen problemas. Así un número mayor de estados forman pactos (Noreste de E.U.A.) para adoptar las regulaciones

del estado de California que son más exigentes que las de la *Clean Air Act* y tener una misma fórmula para todos los estados.

- Para las áreas que sufren la estacionalidad del CO₂ durante cuatro meses comenzado en Noviembre. Los formuladores deben almacenar a lo largo del año los compuestos oxigenados, razón por la que tienen una penalización en sus costos totales por los periodos de almacenaje o por los efectos de un desabasto no esperado.

REGULACIONES EN EUROPA

La legislación de emisiones automotrices en Europa ha buscado ser colchón legal. Esto es en parte debido a la diversidad en la legislación de cada país de la Unión Europea. Esta tiene sus bases en la legislación de los Estados Unidos y ha sido adaptada a las necesidades europeas para el desarrollo de ciclos de pruebas de emisiones apropiadas.

Como la Unión Europea gradualmente tiene un papel más dominante en el desarrollo de una legislación de emisiones, se han generado ciertos problemas legales dado que la Unión Europea no es un "país". Ante este debate países europeos occidentales desarrollados como Suiza, Suecia y Austria han optado por crear sus propias legislaciones; que en general son más estrictas que las de la Unión Europea.

Como una complicación técnica adicional, en Europa no se ha creado una red de monitoreo comparable a la que se usa en E.U.A. Esto orilla a que sea virtualmente imposible para la legislación medir la efectividad de los controles de emisiones. Como una consecuencia, la Unión Europea se ha vuelto más estricta con los

estándares de las emisiones de escape que se han desarrollado en paralelo con los estándares de calidad del aire. Propuestas en la legislación mantienen que se debe introducir el monitoreo del ozono.

No obstante, dentro de la Unión Europea se ha visto un intenso desarrollo en la legislación de emisiones automotrices en los veinte meses anteriores a Agosto de 1993. La directriz de "Emisiones Consolidadas" ordena que para fines de 1992, todos los nuevos carros deben ajustarse para que operen con sistemas catalíticos de tres vías y sistemas de control de evaporaciones. La legislación también espera mejoras a las estaciones de servicio y en los diseños de los tanques automotrices, para resolver los problemas de VOC asociados a ellas. Según Hutchenson (Hutcheson, 1992), los controles para el VOC automotrices europeos de 1996 serán más estrictos que los que regirán en 1994 para los E.U.A.

La siguiente ronda de estándares de emisión podría ser algo muy difícil de predecir, no tanto porque entren en operación en el año 2000, sino por los cambios políticos-económicos que implican. Esto se puede explicar porque a diferencia de Norteamérica, en Europa las regulaciones asociadas a los gases de invernadero (léase CO₂) son más importantes que las asociadas a las del ozono.

5.3 POSIBLE ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA

En la actualidad, en el mundo industrializado la única energía comercial de uso para la industria del transporte es la que proporciona el petróleo, sea o no ecológica o eficiente; en el presente ningún tipo de energía alterna tiene posibilidades de sustituirla, y los analistas²⁷ ni siquiera hablan de un eventual

²⁷ Hammond A. L. (editor), "Recursos Mundiales. Capítulo 2, Países Industriales : Fomento del crecimiento sustentable en la economía mundial", Banco Interamericano de Desarrollo, New York 1992

FIGURA 5.8
MERCADO MUNDIAL DE GASOLINA
PROYECCION DE LA DEMANDA DE COMPONENTES
EN MILES DE BARRILES POR DIA

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
VOLUMEN DE HIDROCARBUROS	6,982.0	7,004.0	7,085	7,125	7,097	7,137.0	7,178
MTBE/ETBE/TAME	35.0	120.0	240	260	450	460.0	465
ETANOL	64.0	70.0	72	74	76	79.0	81
IMPORTACIONES	286.0	364.0	260	270	230	245.0	250
EXPORTACIONES	180.0	270.0	300	300	350	350.0	350
DEMANDA DE GASOLINA	7,201.0	7,292.0	7,362	7,430	7,501	7,570.0	7,620
MTBE PRECIO SPOT USC/GAL	91.2	90.1	93	95	97	98.5	100

plazo para la irrupción de nuevos productos energéticos. El bajo precio y la amplia disponibilidad del petróleo son la principal barrera de entrada de estos eventuales sucedáneos.

Por otro lado tecnologías energéticas más eficaces de los automóviles²⁸ y de los productos de refinación en los años 90 pueden reducir de manera significativa la contaminación y la contribución al efecto de invernadero, tal como se describió en el capítulo 2. Todas estas mejoras se calcula que tendrán un periodo de vida técnica de 20 años. Al llegar a esta fecha el volumen de consumo de hidrocarburos volverá a imponer un castigo al medio ambiente similar al que prevalecía a mediados de 1985.

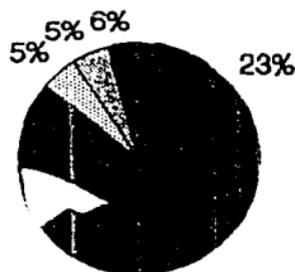
Por esta razón como se dijo en el capítulo 1, las compañías involucradas en el negocio de las gasolinas estudian el uso de productos renovables ante un eventual endurecimiento de las medidas de regulación, más que una razón de competencia por otros productos. En la actualidad y por mucho tiempo sólo son rentables mediante grandes subsidios y que operan de manera experimental como son los automóviles eléctrico y los que usan hidrógeno.

ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA REGIONAL EN NORTEAMERICA

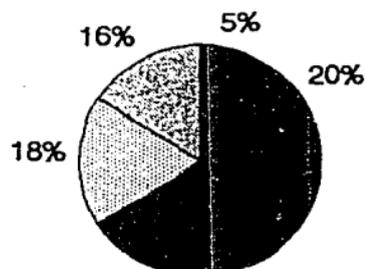
El mercado mexicano del metanol es de aproximadamente 200 mil toneladas para todos los usos excepto para una even al planta de MTBE de capacidad mundial. La capacidad de metanol mexicano es sólo de 150 mil toneladas por lo que se importan alrededor de 50 mil toneladas para cubrir todas las necesidades.

²⁸ Lipman C., *loc. cit.*

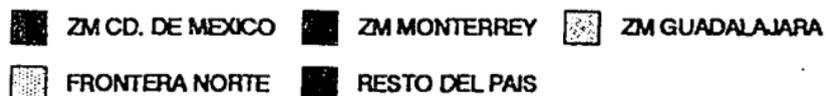
FIGURA 5.9 BARRILES POR DIA (BPD) EN 1993 MERCADO MEXICANO DE GASOLINA



61%
GASOLINA NOVA
380,700 BPD



41%
GASOLINA MAGNA SIN
98,500 BPD



De todas las aplicaciones finales, sólo el consumo destinado para disolventes tiene un futuro incierto dado que ANFAPYT²⁹ busca como norma que los thinneres contengan cero metanol. De los demás productos químicos derivados del metanol se espera un consumo conservador por lo menos hasta comienzos de 1995. A partir de 1996 es previsible que algunos productores sólo distribuyan producto importados y otros dejen de producir por lo que si bien el consumo va a crecer (4.5% anual) es probable que no todos los productores mexicanos de derivados de metanol satisfagan esta demanda.

En cuanto a las gasolinas, en la actualidad el mercado mexicano es de 479 mil barriles diarios, de los cuales 380,700 corresponden a la de tipo NOVA y 98,500 a la de MAGNA SIN³⁰.

El mercado más importante, por mucho es el del la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, después le siguen la Zona Metropolitana de Monterrey, la Zona Metropolitana de Guadalajara, la Región de la Frontera Norte y el Resto del País³¹.

Las dos regiones más dinámicas en cuanto a consumo de MAGNA SIN son la Zona Metropolitana de Monterrey y la región de la Frontera Norte. La edad del parque vehicular (10 años ó más) por otro lado, dificulta la conversión en el consumo hacia gasolinas oxigenadas debido al diseño de los pistones adecuados al tetraetilo de plomo. Por esta razón el mercado mexicano experimentará molestias en los dos próximos años cuando se elimine el tetraetilo de plomo y se utilicen otros mejoradores de octanaje.

PEMEX ha manejado de manera descuidada los aspectos de servicio dado que no ha informado oportunamente a los consumidores del cambio de formulación,

²⁹ Asociación de Fabricantes de Pinturas y Tintas

³⁰ Véase la figura 5.4

³¹ *Ibidem*, figura 5.4

máxime que la mayoría de los consumidores utilizan gasolina NOVA; esto desde luego será un aspecto que muchos consumidores no olvidarán y eventualmente perderán la lealtad de marca si existiera otro productor.

Otra característica del mercado mexicano es la dispersión, la falta de infraestructura que frecuentemente eleva los costos de flete y limita las utilidades sin embargo destacan dos regiones del país que son abastecidas por barco debido a dificultades logísticas, el sureste y el noroeste. Este último factor es una desventaja importante hacia el futuro.

5.5 PEMEX Y ETBE, UN ESCENARIO FINAL HACIA 1998

La primera conclusión sobre este trabajo es que el problema ambiental es un fenómeno de nuestro tiempo que requiere la voluntad de gobiernos, industrias y consumidores para llegar a un equilibrio natural sostenible. Ninguna acción aislada logrará estabilizar el problema y mucho menos resolverlo de manera definitiva, ésta debe ser la gran lección de los grupos ambientalistas que empezaron a luchar en los años 80.

Basado en datos confiables de la industria petroquímica se puede afirmar que la gasolina reformulada es atractiva desde un punto de vista económico y de reducción de emisiones contra las tecnologías alternativas de energía como son los vehículos impulsados por electricidad, G, alcoholes³².

Desde el punto de vista ambiental la gasolina reformulada puede significar la reducción de la masa de hidrocarburos que involucra una reactividad química junto con sustancias tóxicas y emisiones de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno del parque automotor actual.

³² Atractivos sólo desde el punto de vista de reducción de emisiones

Desde el punto de vista económico, la operación de la gasolina reformulada debe tener al menos de 15 a 20 años de vida comercial, los enormes presupuestos destinados a fuentes alternativas son vistas en la industria como actitudes políticas hacia una población con sensibilidad ecológica más que un intento serio de crear nuevas oportunidades de negocio. Otro aspecto de este fenómeno es el costo, de Noviembre de 1993 a precios constantes, el petróleo será más barato que en Noviembre de 1973, desde aquel año todas las empresas químicas y petroquímicas han realizado un esfuerzo gigante de cambiar procesos convencionales a procesos de baja energía, de tal manera que la rentabilidad aún pese a los claroscuros de la actualidad es la mejor de todas las industrias del mundo.

Sin embargo las leyes ambientales son ciertas y reales y en la actualidad se han convertido en una de las mayores fuerzas conductoras del negocio de la química a nivel mundial.

Debido en gran parte a este desafío ambiental, en la región de Norteamérica, las regulaciones ambientales han creado un gran negocio de proporciones no imaginadas. Hace algunos años que están forzando la mayor reconversión industrial de la petroquímica desde el final de la segunda guerra mundial, las gasolinas están cambiando de ser un producto universal, a un producto orientado al cliente, puesto que existen 100 ciudades en América del Norte que requieren un producto *ex-profeso* que reúna las exigencias de las leyes en el presente, pero que además logre el mismo objetivo en el futuro sin que su consumo implique alguna modificación técnica de los automóviles de los usuarios.

Así la competitividad de la industria del petróleo ha aumentado más por los patrones de los competidores (nuevos sitios de producción, nuevos productores, nuevos procesos, nuevos productos) y por la acción gubernamental (nuevas y muy estrictas regulaciones ambientales), y no tanto por la acción de clientes (industria automotriz, conductores de automoviles), sucedáneos (gas LP, electricidad, hidrógeno) ó por sus proveedores (es el ejemplo típico de una industria de integración vertical).

Una solución a estas presiones es formar alianzas estratégicas comerciales o en forma de *joint-venture*; son cada vez más importantes aún para empresas como EXXON o Royal Deutch/Shell más que las tradicionales formas de dominación como son aumentos de capacidad o una estrategia de precios, más aún en este periodo de sobrecapacidad de producción y tendencia de precios de venta a la baja.

Adicionalmente, otra tendencia industrial es la de formar pequeñas unidades comerciales (*business units*) en donde se racionalizan aún más las operaciones de producción/venta como una etapa intermedia hacia las compañías modulares.

PEMEX se ha dado cuenta de estos cambios y de manera estructural ya dió los primeros pasos³³. Se formaron 5 nuevas empresas en forma de unidades de negocio (Pemex Exploración, Pemex Refinación, Pemex Gas, Pemex Petroquímica y Mexpetrol). Sin embargo, todavía se v e necesario para impulsar estrategias que le creen ventajas competitivas sostenibles, más allá de la sobrevivencia que en la actualidad esta asegurando.

³³ Alianzas comerciales con Valero y Shell.

No obstante PEMEX tiene todavía tres problemas que superar antes de encontrar muchos socios o clientes que deseen participar en las operaciones comerciales de la paraestatal:

- La falta de integración de las cadenas industriales.
- La limitada rentabilidad de las unidades existentes en los últimos años.
- La inseguridad en la inversión por el abasto y los precios de las materias primas.

Siendo la gasolina el principal producto de PEMEX, éste debería encontrar rutas que aseguren su disponibilidad, precio accesible y cumplimiento ecológico. Pero más que hacer gasolina estándar, PEMEX podría convertirse en el abastecedor de productos de especialidad para sus socios comerciales proporcionándoles ETBE, un producto que sería muy valioso en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la Zona metropolitana de Monterrey y la región fronteriza con E.U.A, prácticamente el 52% del mercado doméstico.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

(1) El ETBE, un producto superior al estándar actual MTBE desde una perspectiva ambiental¹, es un producto que cuesta el triple en la actualidad, pero mejores biotecnologías, mejor operación del campo mexicano y un compromiso inicial de las autoridades mexicanas pueden llevar a la industria de gasolina mexicana al límite de una masa crítica y crearle una perdurable ventaja competitiva.

(2) El ETBE representa la mejor opción para México dado que este no cuenta con plantas de metanol de la capacidad requerida para fabricar MTBE, además de que su disponibilidad de gas natural es limitada, pero cuenta con abundantes reservas de petróleo crudo y extensas regiones para la siembra de caña de azúcar en las proximidades de los potenciales centros de producción en el Golfo de México.

(3) Para llevar a cabo este proyecto y ensayar de paso la formación de una empresa modular. PEMEX podría iniciar un *join-venture* con la industria azucarera mexicana y formar un grupo base de Biotecnología agresivo a la manera en que los tigres asiáticos lo han hecho en campos como la electrónica, la cerámica, la robótica y la biotecnología². Grandes áreas de cultivo disponible para el caña de azúcar, fomentando vía impulsos fiscales a la manera norteamericana y una masa crítica en Biotecnología harán el milagro de relocalizar la posición

¹ Este hecho se ha reconocido de manera internacional desde fines de los años 80, véase por ejemplo Anderson E., ETBE "Show Promise as Octane Enhancer", *Chem. Eng. News*, 11-12, October 24, 1990, Curull F., Iborra M., Izquierdo J.F., Tejero J., "Gasolinas sin plomo: ETBE, un oxigenado Prometedor", *Ingeniería Química*, Diciembre de 1990, pp.71 a 76, HP IMPACT, 27, January 1991, *Hydrocarbon Processing*

² Bleckle J.A., "Strategic Choices for Newly Opened Markets", *Harvard Business Review*, September/October 1990, 158-165.

competitiva de PEMEX, la mayor empresa mexicana para que pueda competir con sus más fuertes competidores en Norteamérica, Petroven (Venezuela) y SABIC (Arabia Saudita), otro aspecto en contra de retrasar la decisión es la posición de su principal socio Shell/Dutch y de algunos de los principales productores que ya poseen patentes y grupos de investigación en la materia³.

(4) La industria azucarera mexicana no va a mejorar en mucho tiempo, devastada financieramente⁴, con un evidente mercado doméstico sobreofertado y con precios de venta internacionales muy castigados, más la llegada de una nueva generación de edulcorantes sintéticos y miel de fructuosa. Todo esto tiene como consecuencia que la Industria Azucarera Mexicana no tenga fácil salida y es probable que un 20% de ingenios quiebren en un lapso muy breve.

(5) Aún en el caso de un redimensionamiento de la capacidad de la Industria Azucarera Mexicana, ésta cuenta con un gran potencial, pero modificar su portafolio de productos y dejar de depender del azúcar presenta una situación ventajosa y oportuna⁵. La tendencia internacional dentro del mercado de la gasolina será indudablemente adicionar más y más recursos renovables⁶.

³ Chow P.G., Del Río S.R., "Participación de la industria petrolera mundial en los desarrollos biotecnológicos". Memorias de la XXXI Convención Nacional del IMIQ, Tampico Tamaulipas 1990, 2, 904-918.

⁴ AZUCAR SA. DE CV., "Desarrollo Operativo" 1983-1989, Décima Primera Edición, México D.F. Noviembre de 1989.

⁵ Porter M. E., "Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.", The Free Press, New York 1980

⁶ Véase por ejemplo Cunningham R.E., "Regulations and Competition Impact US Refineries' Gasoline Capabilities", presentado en 1989 Petrochemical Review, Houston Tx., Marzo 28-30 1989., Jafford T., "Ethanol and ETBE play growing role for Refiner Clean Air Compliance", presentado en 1993 World Conference on Refinery Processing and Reformulated Gasolines, Marzo 24 de 1993

(6) El etanol es un producto químico, no un combustible éste debe ser el enfoque y ésta será la ventaja de la industria azucarera, ya en E.U.A. la industria del maíz tiene más de 3 millones de toneladas anuales de capacidad y debido más a los subsidios,⁷ que a la amplia disponibilidad, es usado como combustible; este erróneo concepto puede colapsar a esta industria en el momento que surja un capricho político en los Estados Unidos.

(7) El producto de este proyecto debe ser etanol de muy baja humedad, esto presenta un desafío puesto que el etanol se produce mediante un proceso de fermentación por levaduras y éstas pueden morir cuando la concentración de alcohol aumenta. Nuevas cepas altamente resistentes al envenenamiento por alcohol y un novedoso *Downstream Processing*⁸ que mantengan un proceso continuo y de baja energía deben ser los objetivos a alcanzar por los biotecnólogos de la *Joint-Venture*. En la actualidad dentro de México existe personal altamente capacitado para estos fines⁹, por lo que es posible que estos recursos humanos alcancen los objetivos que se plantean en el mediano plazo.

(8) El último tema es la tenencia de la tierra, que es un problema de índole social existen muchos inversionistas y campesinos a los que no les agrada lo que pasa aquí. Es difícil dar una solución a este problema o por lo menos hacer una evaluación sin caer en errores evidentes y muchas veces peligrosos. En la opinión del autor la obligación del estado hacia los campesinos es proporcionarles bienestar, que no significa necesariamente reparto de tierras. México cuenta con un número limitado de tierras aptas para la agricultura comparado con su población¹⁰,

⁷ A los que se oponen la *American Petroleum Institute* por considerarla lesiva a la industria por su potencial disminución de competitividad, véase Jafford

⁸ Van Brakel J., Kleizen H.H., capítulo 3 "Problems in downstream processing", en Winkler M.A., (rc. 1990)

Winkler M.A.(editor), *Chemical Engineering Problems in Biotechnology*, Elsevier Applied Science, London 1990.

⁹ Aunque a fuerza de ser honestos, este personal es más bien en calidad que en número

debido a su condición de alta aridez y compleja orografía razón por la cual resulta difícil seguir con una reforma agraria, ante la falta de tierras o de un programa de recuperación de las que están deterioradas, que dañará el medio ambiente, si no de una manera irreversible, sí de una forma grave debido a la falta de capacitación de los campesinos¹¹.

(9) Por otro lado la migración hacia las ciudades no aporta ninguna ventaja a los campesinos, debido a su falta de preparación técnica, limitada adaptabilidad social y con pocas posibilidades de continuar alentando su escolaridad, por lo que eventualmente se enfrentarán con problemas de marginación y falta de empleo.

(10) El autor piensa que estos campesinos pueden ser trabajadores industriales del campo, más no jornaleros como actualmente se entiende, reconvertir esta mano de obra en el campo es la mejor opción para el gobierno y los inversionistas y también quizás para los mismos campesinos.

(11) La reflexión final de este trabajo se explica de la siguiente manera, la tendencia más marcada en la industria química de los países desarrollados es la creación de productos de especialidad que se ajustan a las necesidades de los clientes¹², a los requerimientos ambientales y que se mantengan dentro de los parámetros de bajo precio, funcionalidad y del mantenimiento de la rentabilidad de los accionistas. Muchos de estos objetivos los está logrando esta industria con el concurso multidisciplinario de muchos científicos, administradores y operadores de

¹⁰ Se sabe que de las aproximadamente 14 millones de hectáreas de tierra dedicadas a la agricultura en México, un porcentaje cercano a 20% no poseen utilidad productiva por algún daño físico y por una falta crónica de agua

¹¹ Un ejemplo de esta falta de capacitación es la región del Bajío donde en menos de 50 años un porcentaje importante del granero de México de los 50, tenga áreas de alta salinidad, agotamiento de los manios freáticos y un incremento en los niveles de erosión de estos terrenos.

¹² *ibidem*, Blecke J.A.

planta que aportan ideas y conceptos nuevos de como usar y manejar productos existentes¹³ o de cuáles productos son los que se requieren (como la nueva generación de halones que no destruyen la capa de ozono por ICI, Hoechst y Dupont). Si un productor de productos químicos mexicano, desea sobrevivir en un ambiente abierto, desregularizado, orientado al cliente y sensible a la ecología debe buscar esta simbiosis de la administración financiera-mercadotécnica y las nuevas oportunidades de las ciencias accesibles como la biotecnología para formar ingeniosas formas de ventajas competitivas o simplemente desaparecer ante su incapacidad de adaptarse a un mercado nuevo y cambiante.

(12) México tiene grandes oportunidades de adaptarse a estos cambios de cara hacia al cambio de milenio dado sus esfuerzos como nación, posee los recursos naturales, ha formado técnicos y profesionistas en las últimas décadas que sus más acerrimos competidores del tercer mundo desearían poseer, no obstante su falta de masa crítica en Biotecnología a la manera de los países occidentales, sin embargo como se demuestra en este trabajo las interacciones dinámicas que necesitan las industrias y la ciencia en sí se mueven a través de informaciones de planeación, estrategia y mercadotécnica de nuevos productos en los nuevos mercados regionales de la norteamérica de fin de siglo, pues como dice el premio Nobel Abdus Salam " No hay razón alguna para que México no sea líder en el campo científico si a la ciencia se le conceden las prioridades que le corresponden"¹⁴, y para completar esta cita, y finalizar este trabajo empleare otra, del padre intelectual de la planeación técnica Peter F. Drucker, " .. el México de 1993, yo lo observé como un país pobre, pero ya no subdesarrollado y mucho más norteamericano -en la mayoría de su organización económica- que latinoamericano..."¹⁵

¹³ Como el ácido acrílico en los superabsorbentes por Rohm & Haas en 1980

¹⁴ Salam A., "Ciencia y Sociedad", Ciencia y Desarrollo, XIII, (75), 95-106

¹⁵ Fuentes-Berain R., Entrevista a Peter F. Drucker, El Financiero, Septiembre 7 de 1993, 23

7 BIBLIOGRAFIA

Nota aclaratoria, la figura 1.1 fue una idea totalmente atribuible a el Ingeniero Sergio Artífano y al Ingeniero Carlos García de Celanese Mexicana, S.A.

- [1] Paredes L.O., "Retos y Oportunidades de la Biotecnología Agroalimentaria", *Comercio Exterior*, 40, (12), 1143-1152
 - [2] U.S. Congress, Office of Technology Assessment (USOTA), "Summary: Commercial Biotechnology, An International Analysis", Washington, D.C., January 1984.
 - [3] Khachatourians G.G., Curdy A.R., "Biotechnology: Applications of Genetics of Food Production", Marcel Dekker Inc., New York 1987
 - [4] Sheldon R.A., "Industrial Synthesis of Chiral Compounds", *Speciality Chemical*, Febrero de 1990, 30-45
 - [5] Galindo F.E., "Biotecnología : oportunidades y amenazas", *Ciencia y Desarrollo*, XIV, (80), 21-40
 - [6] Paredes L. O., "Pasado, presente y futuro de la biotecnología azteca", *Ciencia y Desarrollo*, XIX, (112), 34-45
 - [7] Porter M. E., "The Competitive Advantage of Nations", The Free Press Inc., New York 1990
 - [8] Haggin J., "Monsanto Uses Genetic Engineering To Solve Agricultural Problems", *Chem. Eng. News*, Febrero 15, 1988, 30-35
 - [9] Baum R.M., "Biotech Industry Moving Pharmaceutical Products to Market", *Chem. Eng. News* Julio 20 de 1987, 11-31
 - [10] Samaniego L., Du Grant C., "Les Stratégies de la Chimie Européene: les bouleversements dus aux biotechnologies", *La Recherche*, 22, 1108-1119
 - [11] Evan M. W., Oik P., "R&D Consortia: A New U.S. Organizational Form" *Sloan Management Review*, 31, (3), 37-45
 - [12] Thayer A.M., "Soaps & Detergents: suppliers expect market to expand this year", *Chem. Eng. & News*, Enero 25 de 1993, 26-47
 - [13] Mullin R., "Soaps & Detergents: New Generation of Compacts", *Chemical Week*, Enero 27 de 1993, 28-30
 - [14] "Detergents Fundamentals Seminar", Septiembre 14 de 1990, Irving Texas, CSMA
 - [15] Quintero R.R., "La perspectiva de la Biotecnología en México", en (Quintero R.R. (Rec.) 1973), 461-479
- Quintero R.R., "Prospectiva de la Biotecnología en México", Fundación Barros Sierra A.C./CONACYT, México 1973

- [16] Chimely E., "Se importan 5 mil millones de Dls por año en tecnología", *Excelsior*, 17 de Marzo de 1991
- [17] Gaceta UNAM, "Acciones para impulsar el área de Biotecnología", (2410), 1-2
- [18] Zellner M., "México: a botellazo limpio", *América Economía*, (68), 18-20
- [19] Lipkowski W., "Bhopal, Indian City begins to heal but conflict remain", *Chem. Eng. News*, Diciembre 2 de 1985, 18-32
- [20] *Chem. Eng. News*, "Du Pont to shift top spots to abson Conoco", Septiembre 28 de 1981, 10
- [21] *Chem Eng. News*, "Dupont completes merger with Conoco", Octubre 5 de 1981, 8
- [22] Shapiro L. "Chemicals '91", *Chemical Marketing Reporter*, Enero 2 de 1992.
- [23] Eiben T., "U.S. Exporters Keep On Rolling", *Fortune*, Junio 12 de 1993, 70-71
- [24] *Chem. Week*, "MA world capacity slump", Agosto de 1992, 31-33
- [25] Gutiérrez R.R., "Desarrollo y consolidación de la industria petroquímica mexicana", *Comercio Exterior*, 41, (4), 350-366
- [26] James, B., "Reducing the Risks of Globalization", *Long Range Planning*, 23,1, 80-88, 1990.
- [27] Rodríguez W., "Cadenas de Transformación. Integración desde el Recurso Base", memorias del XXII Foro Nacional de la Industria Química, 91, Octubre 18 y 19 de 1990.
- [28] Reese J. "America's Most Admired Corporations", *Fortune*, Febrero 15 de 1993, 16-30.
- [29] Perrino, A. & Tipping J., "Global Management of Technology", *Res. Technol. Mgmt*, 32,3, May-Jun. 1989, 12- 19.
- [30] Tully S., "The Modular Corporation", *Fortune*, Febrero 8 de 1993, 52-56
- [31] Sheldom R.A., "Industrial Synthesis of Chiral Compounds", *Speciality Chemical*, Febrero de 1990, 30-45
- [32] Schwartz, P. "The Art of the Long View: Using Scenarios to Plan for an Uncertain Future". *The Planning Forum Network*, 4, (12), 1991.
- [33] Puigcerver M., "Atmósfera y contaminación atmosférica", *Investigación y Ciencia*, (37), Octubre de 1979, 104-120.
- [34] Becker, E.R., "Catalysts and Reactors for emission Control". memorias de *Petrochemical Strategies*, México D.F. octubre 22-23 de 1992.
- [35] Gushee D. E., "Alternative fuels for cars: Are they cleaner than gasoline?", *CHEMTECH*, Julio de 1992 406-411
- [36] Davies B.C., "Adventures in Clean Air Act, amendments implementation", *Hydrocarbon Processing*, May 1992, 91-94

- [37] Sarmiento, J.L. "Ocean Carbon Cycle", *Chem. Eng. News*, Mayo 31 de 1993, 30-52.
- [38] Zabrundov S.A., "The Carbon Cycle", *Earth*, 1, (1), 32
- [39] Zurier P.S., "Economic Considerations enter fray over Global Climate Changes Policies", *Chem. Eng. News*, Abril 1 de 1991, 12
- [40] Matthews S.W., "What's Happening to Our Climate?", *National Geographic*, 150, (5), 576-615
- [41] Schneider S., Lander R., "The Coevolution of Climate and Life. Four Billion years of Whetters.", The Sierra Club, San Francisco, 1984
- [42] Hileman B., "Web of interaction Makes It Difficult to Untangle Global Warning Data", *Chem. Eng. News*, Abril 27 de 1992.
- [43] Beardslay T., "Tracking the Missing Carbon", *Scientific American*, 264, (4), pp. 9, (1991)
- [44] Hubbard M. H., "The Real Cost of Energy", *Scientific American*, 264, (4), 1991, pp.18-23
- [45] Porter M. E., "American green strategy", *Scientific American*, 262, (4), 1991, pp.96
- [46] Carlson R., "Silent Spring", Houghton Mifflin, Boston. 1963.
- [47] Levitt T., "Miopía en la Mercadotecnia", Estrategias de Harvard, Grupo Editorial Expansión, México 1990.
- [48] Colucci, J.M. "Automotive Fuels for the 1990's Challenges and Opportunities". *Memorias de 1989 Petrochemical Review*, Houston Texas, Marzo 28-30 de 1989.
- [49] Brockwell H.L., Saraty P.R., Trotta R., "Synthesize ethers", *Hydrocarbon Processing*, Septiembre 1991, 133-141
- [50] Janes T.H.M., "European Aromatic Outlook", *Memorias de 1990 Petrochemical Review*, Houston Texas, Marzo 27-29, 1990.
- [51] Porter M. E., "Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance", The Free Press, Boston 1985
- [52] Novedades A-11, Sábado 1 de Agosto de 1992.
- [53] United States General Accounting Office (US GAO): Report to the Chairman, Subcommittee on International Economic Policy and Trade, Committee on Foreign Affairs, House of Representatives. "U.S.-Mexico Energy. The U.S. Reaction to Recent Reforms in Mexico's Petrochemical Industry", Washington D.C., Septiembre de 1991.
- [54] KPMG Peat Marwick, "The effects of a free trade agreement between the U.S. and Mexico", N.Y. 1991.
- [55] Época, "El Azúcar Mexicano: Entre el Desorden y la Sobreoferta", 24 de Junio de 1991, 8-11
- [56] Brito J., "Fuerte impulso a 15 ciudades", *Excelsior* 27 de Diciembre de 1992.

- [57] Wellhausen E.J., "The Agriculture of Mexico". *Scientific American*, 235, (3), 128-153, 1976.
- [58] Chesnais F., "La Biotecnología y la Exportación de Productos Agrícolas de los países en desarrollo", *Comercio Exterior*, 40,(3), 256-266, 1990.
- [59] Cerro J.A., "La política azucarera: un esquema para su implementación", *Boletín GEMPLECEA*, VIII, (10), Octubre de 1991
- [60] Frankel M., y Colaboradores, "Mexican Miracle ?" , *Newsweek* , Mayo 27 de 1991, 30-33
- [61] Andersen G., "Booming Fructuosa Market", *Chemical Week*, 17 de Diciembre de 1980
- [62] Morris C.E., "Sugar under Fire", *Food Engineer* , Abril de 1987, 107-114.
- [63] Monjarás J., Ugalde A.P., González M., "Ganando Peso, Nutrasweet", *EXPANSION*, Abril 15 de 1992
- [64] Tilton H., "Food Additives '92: Sección. Sweet Dreams", *Chemical Marketing Reporter*, Junio 15 de 1992
- [65] Thayer, A.M., "Food Aditives", *Chem. Eng. News* , Junio 15 de 1992, 26-45.
- [64] Chartier P. "Prospects for Energy from Biomass in The European Community", *International Conference Biomass Brighton 1980*, Brighton Inglaterra del 4 al 7 de Noviembre de 1980.
- [65] Stobaugh R., "Innovation & Competition: The Global Management of Petrochemical Products", Harvard Business School Press Boston, 1988
- [66] Wade L. E., et al. "Methanol", *Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology*. 3th Ed. Volume 15, 399-415, John Wiley & Sons, N.Y. 1981
- [67] Sullivan B., "The Transportation Fuel Challenge and Reformulated Gasoline" . dentro de 1992 *Petrochemical Review*, Houston Texas Marzo 1992.
- [67] Wheeler K.P., Abshire, A.D., "Methanol", *Chemical Economic Reporter* , programa propiedad de Stanford Research Institute, Palo Alto California, 1991, 674.5021A
- [68] *Weekly Methanol Market Reporter*, (433) , Agosto 9 de 1991, Crocco & Associates Inc.
- [69] *Weekly Methanol Market Reporter*, (440) , Septiembre de 1991, Crocco & Associates Inc.
- [70] Lowenstein, A. , "NAFTA -winners and losers". *Chemistry and Industry*, diciembre 2 de 1991, 896.
- [71] Correa C.M., "Biotecnología: El surgimiento de la industria y el control de la innovación". *Comercio Exterior*, 39, (12), 987-999
- [72] Rose P, *Chemical Marketing Reporter*, Abril 15 de 1991, 15
- [73] Potter F. L., "Reformulated Gasolines and Fuel Oxygenates", *Memorias de 1990 Petrochemical Review*, Houston Tx., Marzo 27-29, 1990

- [74] Zlokarnik M., "Trends and Needs in Bioprocess Engineering", *Chem. Eng. Prog.*, Abril de 1990, 62-67
- [75] Paul E.L., Rosas C.B. "Challenges for Chemical Engineers in the Pharmaceutical Industry", *Chemical Engineering Progress*, Diciembre de 1990, 17 a 25
- [76] Fitzpatrick et. al., "Implement Good Manufacturing Practices for the production of Biopharmaceuticals", *Chemical Engineering Progress*, Diciembre de 1990, 26-31
- [77] Lipman C., "Dreams bruised as Methanol takes fall", *European Chemical News*, 30 de Noviembre de 1992, 16-17
- [78] Hammond A. L. (editor), "*Recursos Mundiales*. Capítulo 2, Países Industriales : Fomento del crecimiento sustentable en la economía mundial", Banco Interamericano de Desarrollo, New York 1992
- [79] Bleeke J.A., "Strategic Choices for Newly Opened Markets", *Harvard Business Review*, September/October 1990, 158-165.
- [80] Anderson E., ETBE "Show Promise as Octane Enhancer", *Chem. Eng. News*, 11-12, October 24, 1990.
- [81] Cunill F., Iborra M., Izquierdo J.F., Tejero J., "Gasolinas sin plomo:ETBE, un oxigenado Prometedor", *Ingeniería Química*, Diciembre de 1990, pp.71 a 76
- [82] HP IMPACT, 27, January 1991, *Hydrocarbon Processing*
- [83] Chow P.G., Del Río S.R., "Participación de la industria petrolera mundial en los desarrollos biotecnológicos". *Memorias de la XXXI Convención Nacional del IMIQ*, Tampico Tamaulipas 1990, 2, 904-918.
- [84] AZUCAR SA. DE CV., "Desarrollo Operativo" 1983-1989, Décima Primera Edición, México D.F. Noviembre de 1989.
- [85] Porter M. E., "*Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.*", The Free Press, New York 1980
- [86] Cunningham R.E., "Regulations and Competition Impact US Refineries's Gasoline Capabilities", presentado en 1989 *Petrochemical Review*, Houston Tx., Marzo 28-30 1989.
- [85] Jaffoni T., "Ethanol and ETBE play growing role for Refiner Clean Air Compliance", presentado en 1993 *Word Conference on Refinery Processing and Reformulated Gasolines*, Marzo 24 de 1993
- [87] Van Brakel J., Kleizen H.H., capítulo "Problems in downstream processing", en Winkler M.A., (rec. 1990)
- Winkler M.A.(editor), *Chemical Engineering Problems in Biotechnology*, Elsevier Applied Science, London 1990.
- [88] Salam A., "Ciencia y Sociedad", *Ciencia y Desarrollo*, XIII, (75), 95-106
- [89] Fuentes-Berain R., Entrevista a Peter F. Drucker", *El Financiero*, Septiembre 7 de 1993, 23