



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## Estrategias de Comercialización del Acido Adípico en México

Informe de la práctica profesional  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**

PRESENTA:

**Joel Rojas Sandoval**



EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

MEXICO, D. F.

2004

Examen Profesional



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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:	Prof. Eduardo Rojo y de Regil
Vocal:	Prof. José Sabino Sámano Castillo
Secretario:	Prof. Eduardo Flores Palomino
1er. Suplente:	Prof. Rolando Javier Bernal Pérez
2º. Suplente	Prof. Andoni Garritz Cruz

Sitio en donde se desarrolló el tema:

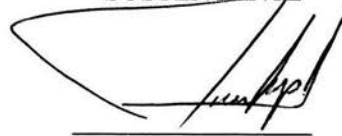
Rhodia de México, S.A. de C.V

ASESOR DEL TEMA



Prof. Eduardo Rojo y de Regil

SUSTENTANTE



Joel Rojas Sandoval

Dedico este trabajo:

a mi esposa, Adelita ...

porque la vida me sonríe más desde que me elegiste.

a mis hijos, Joel y María ...

porque completan mi vida y regocijan mi espíritu.

... los amo de todo corazón



Agradezco ...

a papá Dios ...

que en su infinita bondad nunca me suelte de su mano.

a mis padres, Joel y Rosalina ...

por ser mi ejemplo de vida ... y apoyo de todos mis logros.

a mis hermanos ...

Francisco, Rosalina, Froylán, Patricia, Fidencio y Carmen  
porque de ellos comprendí la unidad familiar y la diversidad del ser.

a mis maestros ...

que su vocación fructificó en un nuevo profesional.

...mi más profundo agradecimiento a todos Uds. por su incondicional amor y apoyo

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPITULO I.....	10
Química del Ácido Adípico.....	10
1.- Ácidos monobásicos saturados (ácidos grasos):.....	13
a) Los métodos generales de obtención son: .....	13
b) Las principales reacciones de los ácidos carboxílicos son: .....	16
2.- Ácidos dibásicos saturados: .....	20
3.- Principales propiedades físicas del ácido adípico: .....	22
4.- Fabricación industrial del ácido adípico: .....	25
Almacenamiento y transporte: .....	28
Riesgo de explosión por chispa: .....	29
Información de Reglamentos .....	36
CAPITULO II.....	39
Usos y Aplicaciones Industriales del Ácido Adípico en el mercado mundial y nacional. ....	39
1) Aplicación para la fabricación de nylon 6,6.....	39
2) Aplicaciones No-Nylon.....	43
a) Poliuretanos y Elastómeros: .....	44
b) Plastificantes:.....	46
c) Intermediario para síntesis química: .....	50
d) Resinas poliéster insaturadas: .....	51
e) Aditivos para papel: .....	52
f) Uso alimentario: .....	53
g) Lubricantes Sintéticos:.....	57
h) Formación de pastillas .....	58
i) Secuestrante:.....	61
j) Otras Aplicaciones: .....	64

CAPITULO III.....	67
Mercado Mundial .....	67
Desarrollo Histórico: .....	67
Escenario Presente: .....	69
Mercado Nacional.....	75
CAPITULO IV .....	81
Estrategia de Comercialización del Ácido Adípico.....	81
Organización del Proceso de Planeación de Mercadotecnia.....	84
Ambiente de la Mercadotecnia: .....	87
Selección de Mercados Meta:.....	96
Desarrollo de la Mezcla de Mercadotecnia: .....	99
Producto: .....	100
Promoción: .....	100
Plaza:.....	101
Precio: .....	105
Administración del Esfuerzo de Mercadotecnia: .....	108
Estrategias Competitivas: .....	108
Fortalezas:.....	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	120
INDICE DE REACCIONES.....	123
INDICE DE TABLAS.....	124
INDICE DE FIGURAS.....	125

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo está fundamentado en la actividad comercial del postulante durante 9 años y medio en la empresa Rhodia de México S.A. de C.V.<sup>1</sup>, y como parte de sus actividades dentro de esa misma empresa fue responsable por la comercialización del ácido adípico fabricado por dicha compañía.

Derivado de las estrategias de comercialización sugeridas y adoptadas por Rhodia de México fue posible incrementar la participación de mercado de una participación inicial del 10% en 1993 a casi un 32% en 2000.

El ácido adípico, a pesar de su nombre, que proviene del latín “adipis” y que significa “grasa”, no es un constituyente normal de los lípidos o grasas naturales, aunque se forma del proceso de oxidación que genera su ranciedad (peroxidación lípida). Fue obtenido por Dieterle W et al. (Ber. 1884, 17, 2221) mediante la oxidación con ácido nítrico del aceite de castor segmentando la cadena de carbón muy cerca del grupo hidroxilo (-OH)<sup>2</sup>.

El ácido adípico fue sintetizado por primera vez en 1902 a partir del bromuro de tetrametileno. También ocurre de manera natural en pequeñas cantidades como integrante del azúcar del betabel. Antes de su introducción por parte de DuPont en 1939, el ácido adípico estaba disponible comercialmente y en pequeñas cantidades únicamente a través de la empresa alemana Deutsche Hydrierwerke que lo producía a partir del fenol<sup>3</sup>.

El ácido adípico es un ácido orgánico dicarboxílico de cadena abierta saturada y con los grupos ácido a cada extremo.

---

<sup>1</sup> Rhodia nace en 1998 como trasnacional de la separación de las actividades químicas de Rhône Poulenc, empresa químico-farmacéutica de origen Francés que a su desaparición en ese año cumplió 103 años en el mercado.

<sup>2</sup> <http://www.cyberlipid.org/fa/acid0004.htm#1>

<sup>3</sup> McKETTA, John J., *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, p. 128.

Los ácidos orgánicos son compuestos que contienen el radical **-COOH**, denominado grupo **carboxilo** por estar formado por el grupo **carbonilo -CO** y el grupo **hidroxilo -OH**.

Los ácidos orgánicos pueden contener uno o más grupos carboxilos (ácidos mono- y polibásicos), ser saturados o no saturados, de cadena abierta (alifáticos) o cerrada (aromáticos) y, además, pueden tener otros grupos funcionales en su molécula.

El ácido adípico pertenece entonces a los ácidos orgánicos dicarboxílicos de cadena saturada. Son ácidos que tienen la fórmula general  $C_nH_{2n}(COOH)_2$  en que **n** puede ser cero. Por tener dos grupos carboxilo y, por tanto dos hidrógenos reemplazables, forman sales ácidas y sales neutras. Tienen nombres comunes, pero pueden nombrarse como *alkanodioicos* o bien considerando los grupos carboxilo como sustituyentes. Así, el ácido adípico también se puede denominar como ácido hexanodioico. En el capítulo 1 se detallará más la química del ácido adípico.

Los ácidos dicarboxílicos sencillos se designan usualmente por sus nombres comunes. La fórmula condensada del ácido adípico es  $C_6H_{10}O_4$  y fórmula general  $C_4H_8(COOH)_2$ . El sistema IUPAC<sup>4</sup> de nomenclatura puede ser aplicado a los ácidos orgánicos de cadena lineal y cadena ramificada substituyendo por **-oico** la terminación **-o** al final del nombre del alcano correspondiente a la cadena más larga que incluya a los grupos carboxilo, de esta forma el ácido adípico es el ácido 1,6-hexanodioico. Finalmente, su fórmula desarrollada es como sigue:

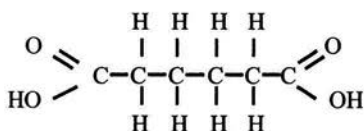


Figura1, fórmula desarrollada del ácido adípico

<sup>4</sup> International Union of Pure and Applied Chemistry

El ácido adípico es el ácido dibásico de mayor importancia en términos de su producción industrial. Es un sólido cristalino blanco, el integrante de 6 átomos de carbono de la serie homóloga de ácidos dibásicos de cadena lineal saturada y utilizado en su mayor parte en dos grandes aplicaciones industriales:

- a) Fabricación de nylon 6,6
- b) Aplicaciones no-nylon.

Por lo expuesto anteriormente, los objetivos del presente trabajo son demostrar la importancia de las estrategias comerciales para obtener una participación de mercado importante de un producto fabricado en el extranjero por un competidor y no precisamente por el líder mundial que en este caso se trata de DuPont. Detallar la importancia del ácido adípico en el mercado mundial y nacional. Describir los usos y aplicaciones del ácido adípico en el mundo y en México. Buscar un tema con originalidad relativa, de interés personal y con identificación profesional y aportar mi experiencia y conocimiento comercial a los lectores interesados.

# CAPITULO I

## Química del Ácido Adípico

Por ser un ácido orgánico, el ácido adípico cumple con la química general de éstos, además de algunas particularidades derivadas de su fórmula intrínseca.

Los ácidos carboxílicos constituyen una clase de importantes compuestos, ampliamente distribuidos, que se distinguen por contener el grupo funcional **carboxilo -COOH**:

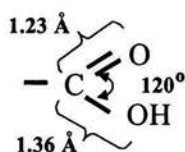


Figura 2, Distancias y ángulos interatómicos del grupo carboxilo

fuelle: REUSCH, William H., pag. 418

Aunque esta función parece ser una simple combinación de un grupo **carbonilo**(C=O) y grupo **hidroxilo** (OH), la interacción entre ellos genera algunas propiedades exclusivas, tales como una acidez que es  $10^{11}$  veces superior a la del grupo hidroxilo en un alcohol.<sup>5</sup>

Aunque el carbono está unido por enlaces covalentes al oxígeno y al grupo hidroxilo, la naturaleza polar de los mismos debe dejar al átomo de carbono con cierta carga positiva suficiente para repeler significativamente al protón del grupo OH que podrá transferirse a otro compuesto, tal como la molécula del disolvente, con un menor contenido de energía:

<sup>5</sup> REUSCH, William H., p. 418



### Reacción 1, Ionización del grupo carboxilo

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 926

Este efecto inductivo es en realidad insuficiente para explicar la ionización de los ácidos orgánicos la cual debería ser un poco superior a la de los alcoholes y, no obstante, es mucho más elevada aunque menor que la de los ácidos fuertes inorgánicos, pues para el ácido fórmico la constante de ionización a 25 °C es tan solo de  $2.1 \times 10^{-4}$  y va siendo menor en los sucesivos términos superiores. Esta ionización de los ácidos orgánicos puede interpretarse fundamentalmente en términos de resonancia, la que además explica la gran estabilidad de los aniones y la resistencia de los ácidos a reducirse, mientras que los derivados de los ácidos, tales como los ésteres y las amidas, en que la resonancia es menor, se reducen con facilidad.

Las fórmulas en resonancia del ácido fórmico y del ion formiato son:

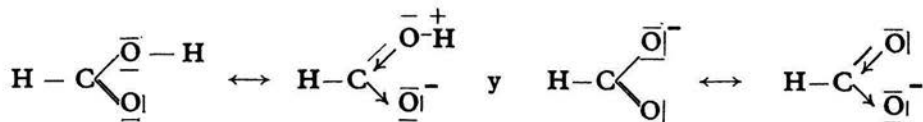


Figura 3, Fórmulas en resonancia del ácido fórmico y del ion formiato

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 927

La carga positiva sobre el átomo de oxígeno del grupo hidroxilo en la segunda fórmula electrónica en resonancia del ácido fórmico produce la repulsión del núcleo del átomo de hidrógeno y su disociación en presencia de sustancias básicasceptoras de protones. Al ionizarse el ácido se transforma en el ion formiato estabilizado también por resonancia, pero como la energía de resonancia del ácido es tan sólo algo menor que la del anión, su estabilidad es casi idéntica a la de éste por lo que, en consecuencia, la ionización del ácido sólo podrá



verificarse en una extensión muy pequeña; el ácido fórmico es un ácido muy débil. En cambio, en el caso del ácido nítrico, tanto el ácido como el anión nitrato pueden también representarse por varias fórmulas electrónicas en resonancia pero como la energía de resonancia del anión es mucho mayor que la del ácido, éste se ioniza en una gran extensión para pasar a la forma más estable.

La acidez del grupo carboxilo puede aumentar, cuando uno o más hidrógenos del grupo  $-\text{CH}_3$  siguiente (“*carbón alpha*”) se substituyen con elementos altamente electronegativos como el flúor o el cloro. Así, el ácido cloroacético es un ácido más fuerte que el ácido acético ordinario.<sup>6</sup>

Todo factor que estabilice más al anión que al ácido debe incrementar la acidez, y todo factor que contribuya a una menor estabilidad del anión, debe disminuirla. Los substituyentes con atracción de electrones dispersan la carga negativa, estabilizan al anión y aumentan así la acidez. Los substituyentes con liberación de electrones, en cambio, intensifican la carga negativa, desestabilizan al anión y entonces reducen la acidez.



Figura 4: Fuerza ácida del grupo carboxilo en función de la naturaleza del substituyente

fuente: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 824

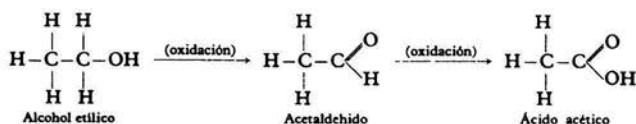
<sup>6</sup> BRADY, James E, HUMISTON, James E., p.508

## 1.- Ácidos monobásicos saturados (ácidos grasos):

Tienen la fórmula general  $C_nH_{2n+1}COOH$ . Se denominan ácidos grasos por encontrarse en las grasas o formarse a partir de ellas por hidrólisis.

a) Los métodos generales de obtención son:

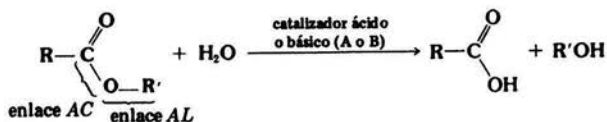
a) Oxidación total de un alcohol primario o de un aldehído



Reacción 2, Oxidación total de un alcohol primario o de un aldehído.

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 897

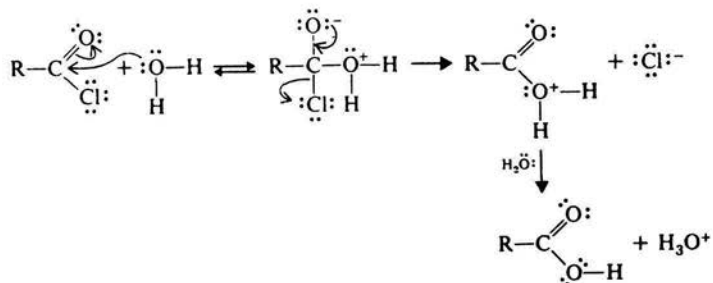
b) Hidrólisis de los ésteres, formándose un ácido y un alcohol



Reacción 3, Hidrólisis de los ésteres

fuelle :REUSCH, William H., p. 465

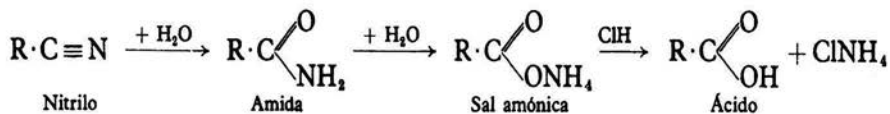
c) Hidrólisis de los haluros de acilo:



#### Reacción 4, Hidrólisis de los haluros de acilo

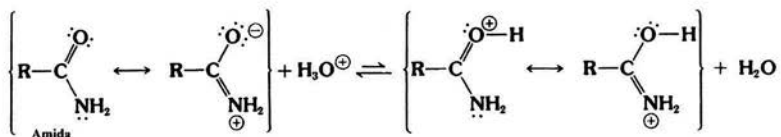
fuelle: SALOMONS, T.W. Graham, p. 789

d) Hidrólisis de los nitrilos o cianuros de alquilo y de las amidas:



#### Reacción 5, Hidrólisis de los nitrilos o cianuros de alquilo

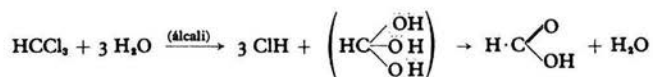
fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 928



#### Reacción 6, Hidrólisis de las amidas

fuelle :REUSCH, William H., p. 467

e) Hidrólisis de los I-I-I-trihaluros de alquilo



Reacción 7, Hidrólisis de los I-I-I trihaluros de alquilo

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 928

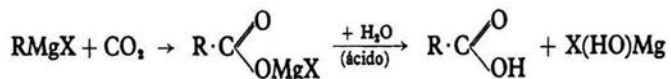
f) Acción de un ácido mineral fuerte sobre una sal de ácido orgánico:



Reacción 8, Acción de ácido mineral fuerte sobre sal de ácido orgánico

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 928

g) Acción del  $\text{CO}_2$  sobre compuestos de Grignard en disolución etérea, e hidrólisis del producto de adición resultante:

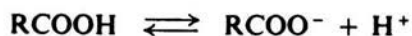


Reacción 9, Carbonatación de reactivos de Grignard

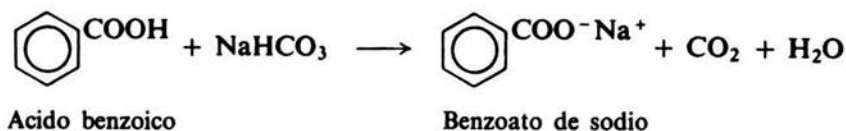
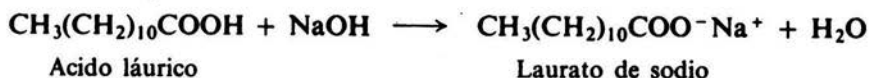
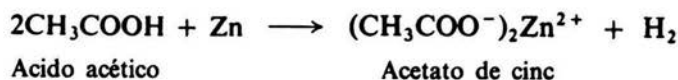
fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 928

b) Las principales reacciones de los ácidos carboxílicos son:

1. Acidez, formación de sales:



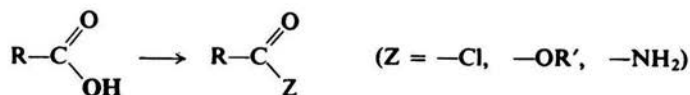
Ejemplos:



Reacción 10, Formación de sales y ejemplos.

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 814.

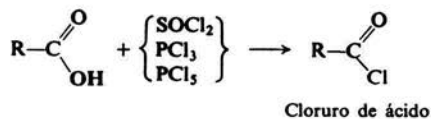
2. Conversión a derivados funcionales:



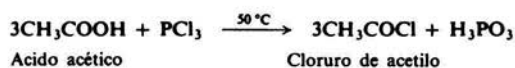
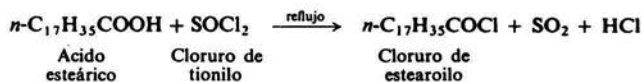
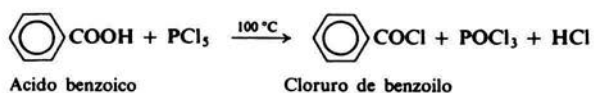
Reacción 11: Conversión a derivados funcionales

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 814.

(a) Conversión a cloruros de ácido:



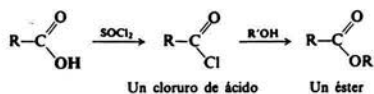
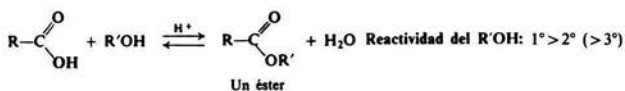
Ejemplos:



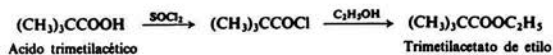
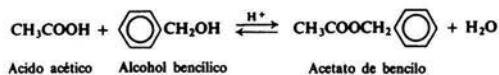
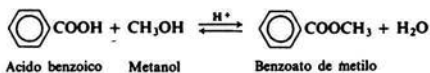
Reacción 12: Conversión a cloruros de ácido

fuate: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 815.

b) conversión a ésteres:



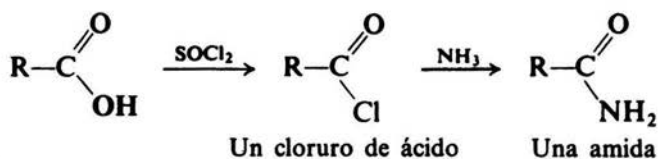
Ejemplos:



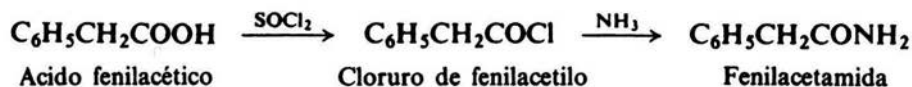
Reacción 13, Conversión a ésteres

fuate: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 815.

c) Conversión a amidas:



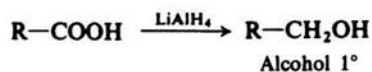
Ejemplo:



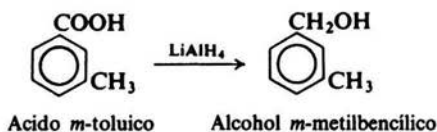
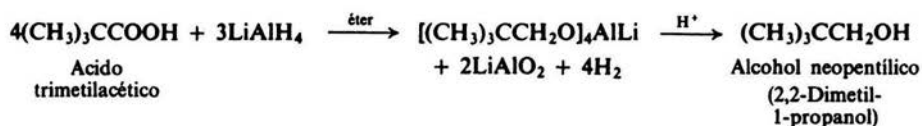
Reacción 14, conversión a amidas

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 816.

3. Reducción:



Ejemplos:



Reacción 15, Reducción

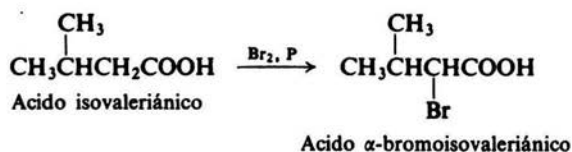
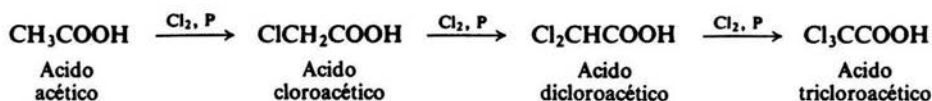
fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 816.

#### 4. Sustitución en el grupo alquilo o arilo:

a) Halogenación alfa de ácidos alifáticos. Reacción de Hell-Volhard-Zelinsky.



Ejemplos:

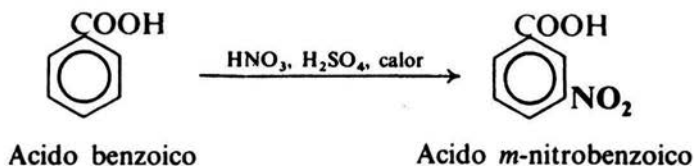


Reacción 16, Halogenación de ácidos alifáticos de Hell-Volhard-Zelinsky.

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 816.

b) Sustitución anular en ácidos aromáticos:

—COOH: desactiva y dirige a *meta* en sustitución electrofílica.



Reacción 17, Sustitución anular en ácidos aromáticos

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 817.



Confrontar con la página 816 del libro *"Química Orgánica"* de Solomons para encontrar un amplio resumen de las reacciones de los ácidos carboxílicos y sus derivados.

## **2.- Ácidos dibásicos saturados:**

Si el sustituyente es un segundo grupo carboxilo, se obtiene un ácido dicarboxílico.

Como ya se indicó, El ácido adípico pertenece a los ácidos orgánicos dicarboxílicos de cadena saturada. Son ácidos que tienen la fórmula general  $C_nH_{2n}(COOH)_2$  en que n puede ser cero. Por tener dos grupos carboxilo y, por tanto dos hidrógenos reemplazables forman sales ácidas y sales neutras.

Aunque los ácidos dicarboxílicos no ocurren en cantidades apreciables como componentes de los lípidos animales o vegetales, en general se encuentran en productos metabólicos importantes de los ácidos grasos dado que se originan a partir de ellos por oxidación.

Se obtienen por los métodos generales correspondientes a los ácidos monobásicos, esto es, oxidación de glicoles, dialdehídos y saponificación de dinitrilos; y en cada caso particular por métodos especiales.

La mayoría de los ácidos dicarboxílicos se preparan por adaptación de métodos utilizados para la obtención de ácidos monocarboxílicos. Al igual que la hidrólisis de un nitrilo da un ácido monocarboxílico, la de un dinitrilo o de un cianocarboxílico da un ácido dicarboxílico. Lo mismo que una oxidación de un metilbenceno da un ácido benzoico, la de un dimetilbenceno da uno ftálico<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> fuente: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 831.

En general, los ácidos dicarboxílicos muestran el mismo comportamiento que los monocarboxílicos. Es posible preparar compuestos en los que sólo uno de los grupos carboxílicos se convierte en un derivado. También se pueden preparar sustancias en las que los dos grupos carboxílicos se convierten en derivados distintos.

Como sucede con otros ácidos que contienen más de un hidrógeno ionizable, ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , etc.), la ionización del segundo grupo carboxilo ocurre con menor facilidad que la del primero (compare los valores de  $K_1$  con los de  $K_2$  en la Tabla 3). Se requiere más energía para separar un hidrógeno positivo del anión doblemente cargado, que del anión con una sola carga<sup>8</sup>.

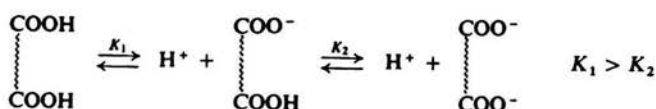


Figura 5: Diferencia de magnitud entre  $K_1$  y  $K_2$  de un ácido dicarboxílico

fuelle: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 832

Algunas de las propiedades generales de estos ácidos vienen indicados en la Tabla 1. Los ácidos de número par de átomos de carbono tienen puntos de fusión más elevados y solubilidad más pequeña que los homólogos inmediatos de número impar de átomos de carbono. El carácter ácido es mayor que el de los ácidos monobásicos y tanto más cuanto más próximos se encuentren los dos grupos carboxilos.

El más importante, desde el punto de vista industrial es el ácido adípico que es empleado en la fabricación de nylon 6,6, y que según informes de la revista

<sup>8</sup> fuente: MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., p. 832

“Chemical Engineering News” está incluido en la lista de los principales 50 productos orgánicos de mayor volumen que se fabrican en el mundo.<sup>9</sup>

Nombre	Fórmula	Punto de fusión °C	Puntos de ebullición °C a 100mm y a 10mm	* Solubilidad en agua a 20°C
Acido oxálico	COOH-COOH	189	(Sublima a 150)	10.5
Masónico	COOH-(CH <sub>2</sub> )-COOH	135.6	(Descomp > 140)	73.5
Succínico	COOH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	185	(Descomp > 235)	6.8
Glutámico	COOH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -COOH	97.5	(Descomp > 304)	64
Atípico	COOH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> -COOH	151	265 Y 205	1.5
Pimélico	COOH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> -COOH	103	272 Y 212	5.0
Subérico	COOH-(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> -COOH	140	279 Y 219	0.16

(\*) Gramos de ácido en 100 gramos de agua

Tabla 1, Propiedades físicas de algunos ácidos dicarboxílicos

fuelle: BABOR, J.A., IBARZ, José, p. 933

### 3.- Principales propiedades físicas del ácido adípico:

PROPIEDAD	VALOR TÍPICO
Peso molecular	146.14
Punto de ebullición (760 mmHg)	337.5 °C, con descomposición
Punto de fusión	151.5 a 153 °C
Densidad	
Sólido	1.360 g/cm <sup>3</sup>
Líquido a 163 °C	1.093 g/cm <sup>3</sup>
Densidad a granel	
libre	640 a 720 kg/m <sup>3</sup>
empacado	800 a 930 kg/m <sup>3</sup>
Higroscopicidad	No higroscópico a 27 °C y 85% HR
Forma de los cristales	Agujas monoclinicas

Tabla 2, Principales propiedades físicas típicas del ácido adípico

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.html).

<sup>9</sup> op. cit., Reisch, Marc S.

PROPIEDAD	VALOR TÍPICO	
Solubilidad	Ver Figura 6	
pH de soluciones acuosas a 25 °C	Concentración	pH
	0.1%	3.2
	0.2 %	3.1
	0.4%	3.0
	0.6%	2.9
	1.2%	2.8
Densidad de soluciones acuosas saturadas	Temperatura	densidad
	20 °C	1.0045 g/cm <sup>3</sup>
	40 °C	1.0050 g/cm <sup>3</sup>
	60 °C	1.0125 g/cm <sup>3</sup>
Constante de ionización	Primera etapa	3.71 x10 <sup>-5</sup> (pK <sub>1</sub> = 4.43)
	Segunda etapa	3.87 x10 <sup>-6</sup> (pK <sub>2</sub> = 5.41)

Tabla 3, Propiedades del ácido adípico en solución.

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.html).

### Solubilidad del ácido adípico

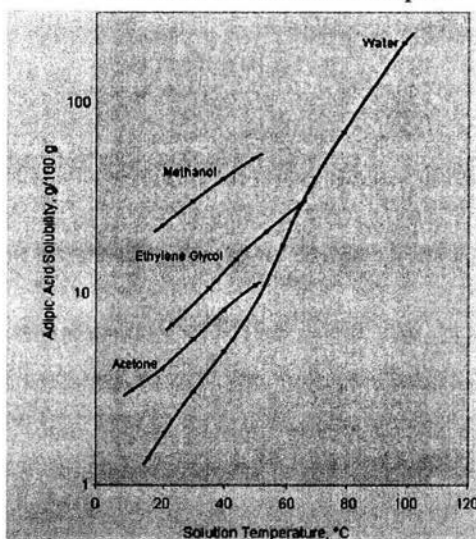


Figura 6, Solubilidades del ácido adípico en diferentes solventes

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.html).

PROPIEDAD	VALOR TÍPICO
Calor específico	
Sólido	1.59 kJ/kg °K (0.38 cal/g °C)
Líquido	2.26 kJ/kg °K (0.54 cal/g °C)
Calor de formación	-6,503 kJ/kg (-1625.8 cal/g)
Calor de fusión	238.5 kJ/kg (57.0 cal/g)
Calor de vaporización	560.3 kJ/kg (133.9 cal/g)
Calor de sublimación a 25 °C	881.8 kJ/kg (210.8 cal/g)
Calor de combustión	19,149 kJ/kg (4,576.8 cal/g)
Calor de solución, agua	
10-20 °C	-213.6 kJ/kg (-51.1 cal/g)
90-100 °C	-240.5 kJ/kg (-57.5 cal/g)
Calor de cristalización en agua	265.3 kJ/kg (63.4 cal/g)

Tabla 4, Propiedades térmicas del ácido adípico

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.html).

PROPIEDAD	VALOR TÍPICO
Punto flash, copa abierta Cleveland	210 °C
Punto flash, copa cerrada tag	196 °C
Presión de vapor, fundido	
Temperatura	Presión de vapor
159.5 °C	0.13 kPa (1 mmHg)
205.5 °C	1.33 kPa (10 mmHg)
240.5 °C	5.33 kPa (40 mmHg)
265.0 °C	13.33 kPa (100 mmHg)
312.5 °C	53.32 kPa (400 mmHg)
337.5 °C	101.31 kPa (760 mmHg)
con descomposición	
Viscosidad, fundido	Viscosidad
Temperatura	
160 °C	4.54 cP
193 °C	2.64 cP

Tabla 5, Otras propiedades físicas típicas de ácido adípico

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.html)

#### 4.- Fabricación industrial del ácido adípico:

Se han publicado varias revisiones de los procesos de fabricación del ácido adípico desde que adquirió su importancia comercial en años 1940, incluyendo un reporte muy concienzudo basado en el estudio de las patentes. Históricamente el ácido adípico ha sido fabricado de manera preponderante a partir del ciclohexano y, en una menor extensión, a partir de fenol. Durante los años 1970 y los años 1980, sin embargo, se ha dirigido mucha investigación y desarrollo en el sentido de utilizar materias primas alternativas, específicamente butadieno y ciclohexeno, principalmente dictados por las fluctuaciones en el precio del mercado de los hidrocarburos. Todos los procesos industriales actuales utilizan ácido nítrico en el paso final de oxidación. Existe una creciente preocupación en relación a la calidad del aire que podrá ejercer presión adicional para encontrar rutas alternativas en la búsqueda de los fabricantes por reducir sus costos de abatimiento de  $\text{NO}_x$ , una parte necesaria de todo proceso que utilice ácido nítrico<sup>10</sup>.

No es sorpresa que se hayan realizado muchas mejoras en los últimos 50 años al proceso básico a partir del ciclohexano. Sin embargo y en términos generales, los procesos industriales comerciales importantes aún utilizan dos etapas principales de reacción. La primera etapa de reacción es la producción de los intermediarios ciclohexanona y ciclohexanol, usualmente abreviado como mezcla KA, aceite KA, mezcla ol-ona o mezcla anona-anol. Después de separarla de los subproductos de reacción y del ciclohexano que no reaccionó, mismo que se recicla a la alimentación, la mezcla KA (mezcla de una acetona y un alcohol) es entonces convertida a ácido adípico por oxidación con ácido nítrico<sup>11</sup>.

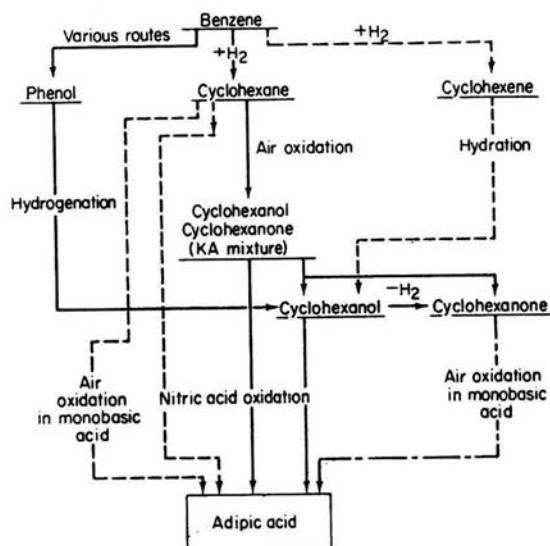
La Figura 7 y la Figura 8 resumen los diversos procesos para la fabricación industrial del ácido adípico. Algunos de ellos están en uso comercial mientras que otros, como se indica, han sido demostrados experimentalmente pero no se han aplicado comercialmente. El ciclohexano y el fenol son las materias primas

---

<sup>10</sup> Kirk, Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, p. 471.

<sup>11</sup> idem.

básicas para las rutas comerciales de hoy en día<sup>12</sup> y constituyen las dos rutas de síntesis más usadas actualmente.



Adipic acid processes: (—) in commercial use today, (- -) has been in commercial use, and (- -) demonstrated but not in commercial use.

Figura 7, Procesos de fabricación del ácido adípico

fuelle: McKETTA, John J., *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, p. 132

A partir del ciclohexano:

Las rutas comerciales oxidan el ciclohexano en fase líquida para producir una mezcla de ciclohexanol-ciclohexanona (mezcla KA). Para obtener tasas de rendimiento aceptables de la reacción, aún con catalizadores, se necesitan temperaturas que exceden los 120 °C. Para mantener el ciclohexano en fase líquida se requieren de presiones superiores a las 100 psi<sup>13</sup>.

El ácido adípico se obtiene a partir de la mezcla KA mediante oxidación con ácido nítrico. Esta reacción es altamente exotérmica y es necesario un adecuado

<sup>12</sup> McKETTA, John J., *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, p. 132.

<sup>13</sup> idem

sistema para remoción del calor para evitar una reacción excesiva e incontrolable. A medida que la alimentación de la corriente orgánica se oxida, el ácido nítrico es reducido a  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{N}_2$ . El  $\text{NO}_2$  y el  $\text{NO}$  pueden ser oxidados y recuperados como ácido nítrico, mientras que el  $\text{N}_2\text{O}$  y el  $\text{N}_2$  representan pérdidas netas del ácido nítrico.

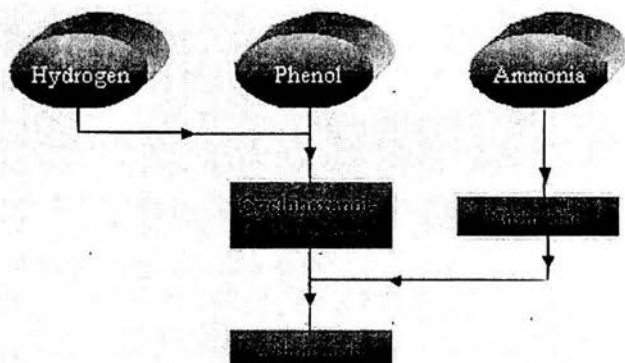


Figura 8, Proceso de fabricación del ácido adípico a partir de fenol.

fuelle: <http://www.chemicals-technology.com/projects/zietz/zietz1.html>

A partir del fenol:

El fenol se obtiene generalmente por destilación del alquitrán de hulla, aunque actualmente se obtiene en gran cantidad, bien a partir del benceno, vía clorobenceno, o de los alcanos del petróleo. El fenol se hidrogena catalíticamente utilizando un catalizador de paladio, entre los 100 y los 200 °C a baja presión para formar una mezcla gaseosa de reacción que contiene ciclohexanol/ciclohexanona (KA). Esta mezcla gaseosa se enfría para luego destilar la mezcla KA a presión ambiental o al vacío y separarla de productos secundarios, mismos que son incinerados. Finalmente, la mezcla KA se oxida con ácido nítrico en presencia de catalizadores de cobre y vanadio para obtener el ácido adípico<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> <http://www.chemicals-technology.com/projects/zietz/index.html>



El ácido adípico comercial es uno de los productos químicos más puros fabricados en gran escala<sup>15</sup> debido a los estrictos requisitos de su mayor usuario, la industria de las fibras sintéticas. Por esta misma pureza, el ácido adípico ha sido aprobado como aditivo alimentario por la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos.<sup>16</sup>

La Tabla 6 muestra los datos declarados por el fabricante líder en su hoja de especificaciones, esto para darse una idea de los altos niveles de pureza y baja tolerancia a las impurezas.

ESPECIFICACIÓN	LIMITE
Ácido adípico, % peso	99.7 min.
Agua, % peso	0.2 max.
Cenizas, ppm.	2.0 max.
Hierro, ppm	0.5 max.
Color en soln. metanol, APHA	6.0 max.
Nitrógeno total	
	mpm * 15.0 max.
	ppm 1.5 max.

Tabla 6, Hoja comercial de especificaciones del ácido adípico

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11546/index.htm](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11546/index.htm)

#### Almacenamiento y transporte:

El ácido adípico se mueve con transportadores neumáticos o mecánicos desde las unidades de cristalización y secado hacia los contenedores para embarque o empaque. Estos transportadores deben ser de acero inoxidable. Los principales riesgos en el manejo del ácido adípico son relativos al riesgo de explosión del polvo e irritación de las membranas mucosas por exposición al mismo polvo.

<sup>15</sup> Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, p. 272.

<sup>16</sup> ibidem p. 273.

Riesgo de explosión por chispa:

Cuando se encuentra disperso en el aire como polvo, el ácido adípico puede estar sujeto a riesgos de explosión por chispa. Consultar la Tabla 7, para las propiedades de ignición de tales mezclas de polvo-aire. Estos valores son reconocidos como correctos al momento de la preparación de este documento pero la distribución del tamaño de partícula puede tener un efecto significativo en estos mismos valores<sup>17</sup>.

PROPIEDAD	VALOR TÍPICO
Temperatura de autoignición	375 a 490 °C
Temperatura de ignición de la nube de polvo	550 °C
Concentración explosiva mínima (polvo en aire)	0.039 a 0.060 kg/m <sup>3</sup>
Energía mínima de ignición de la nube de polvo	5 a 50 μJ
Concentración de oxígeno limitante	10.5% en volumen
Severidad de la explosión (kst)	159 a 184 bar m/s
Severidad de la explosión (Pmax)	7.5 a 8.0 bar

Tabla 7, Propiedades de ignición de las nubes de polvo de ácido adípico

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11514/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11514/index.html).

La energía mínima de explosión es de 5 μJ, que es una medida de la explosividad del polvo. Algunas pruebas han indicado que la descarga de supersacos de 1 ton de ácido adípico puede generar los niveles de voltaje necesario como para crear un riesgo de explosión por chispa.

Esta circunstancia ha llevado a los fabricantes de ácido adípico a realizar su envasado en empaques con aditivos que no promuevan la generación de electricidad estática y a divulgar medidas de seguridad preventivas para su manejo, como las que a continuación se enumeran:

<sup>17</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11514/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11514/index.html).

- Los operadores deberán evitar la formación de polvo
- Las maniobras deberán realizarse en áreas bien ventiladas.
- El conocimiento y aplicación de procedimientos de manejo seguro:
  - Uso de tolvas de carga debidamente aterrizadas.
  - Uso de válvulas rotatorias para regular el flujo.
  - Suministro de una vía de escape para los vapores y polvos inflamables.
  - Uso de un sistema de control de fuego inerte.
  - Uso de equipo de protección personal

La Figura 9 muestra la hoja de seguridad (MSDS, **Material Safety Data Sheet**, por sus siglas en inglés) emitida por uno de los distribuidores del fabricante líder de ácido adípico. Según las normas mundiales de seguridad, esta ficha debe estar siempre a la mano y en el idioma del usuario, transportista y almacenista, ya que detalla los riesgos a la salud, al medio ambiente e indica que hacer en casos de derrame y otros tipos de accidente además de informaciones generales y de reglamentación.

**Adipic acid**

Versión 2.0

Fecha de revision 11.12.2003

Ref. 130000000103

Este SDS observa los estandares y requisitos reguladores de España y puede que no cumpla con los requisitos reguladores de otros países.

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA**

**Información del Producto**

Nombre del producto : Adipic acid

Empleo de la Sustancia/Preparación : producto químico intermedio

Compañía : INVISTA (UK) Ltd  
Wilton Site  
TS10 4XY Redcar

Teléfono : +441642445400  
Telefax : +441642445540

Teléfono de emergencia : +34-(0)-98-512.4395

**2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

Nombre químico de la sustancia : Adipic acid

**Componentes peligrosos**

Nombre químico	No. CAS	No. CE	Clasificación	Concentración [%]
Ácido adipico	124-04-9	204-673-3	Xi; R36	99,9

Para el texto completo de las frases R mencionadas en esta Sección, ver la Sección 16.

**3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

Irrita los ojos.  
El polvo puede formar mezcla explosiva con el aire.

**4. PRIMEROS AUXILIOS**

Consejo general : Si una persona vomita y está echada boca arriba, se la debe girar a un lado. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Quitese inmediatamente la ropa contaminada.

Inhalación : Salir al aire libre. Oxígeno o respiración artificial si es preciso. Consultar a un médico después de una exposición importante.

Contacto con la piel : Lávese inmediatamente con agua abundante.

Contacto con los ojos : Lávese a fondo con agua abundante durante 15 minutos por lo menos y consulte al médico.

Ingestión : No provocar vómitos sin consejo médico. Si está consciente, beber mucha agua. Ingerir carbón activo.

Figura 9, Hoja de datos de seguridad del ácido adipico

fuelle: [http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)

**Adipic acid**

Versión 2.0

Fecha de revisión 11.12.2003

Ref. 13000000103

**5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS**

- Medios de extinción adecuados : agua, espuma, polvo seco, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- Equipo de protección especial para los bomberos : Use equipo respiratorio autónomo y traje de protección.
- Información adicional : El agua de extinción debe recogerse por separado, no debe penetrar en el alcantarillado.

**6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL**

- Precauciones personales : Llevar equipo de protección personal.
- Precauciones para la protección del medio ambiente : No echar al agua superficial o al sistema de alcantarillado sanitario.
- Métodos de limpieza : Barrer y palear dentro de recipientes apropiados para su eliminación. Evítese la formación de polvo.
- Consejos adicionales : Eliminar, observando las normas locales en vigor.

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

**Manipulación**

- Consejos para una manipulación segura : No se requiere consejo de manipulación especial
- Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Disposiciones normales de protección preventivas de incendio.

**Almacenamiento**

- Exigencias técnicas para almacenes y recipientes : Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.
- Indicaciones para el almacenamiento conjunto : No cabe mencionar especialmente productos incompatibles.

**8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

**Componentes con valores límite a controlar en el lugar de trabajo**

Componentes	No. CAS	Typo	Parámetros de control	Puesto al día	Base
Acido adipico	124-04-9	VLA-ED TWA (8 & 12 hr)	5 mg/m <sup>3</sup> 5 mg/m <sup>3</sup>	2000	VLA (ES) DUPONT

Continúa Figura 9, Hoja de datos de seguridad del ácido adipico

fuelle: [http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)

**Adipic acid**

Versión 2.0

Fecha de revision 11.12.2003

Ref. 13000000103

**Disposiciones de ingeniería**

Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

**Protección personal**

Protección respiratoria : En caso de ventilación insuficiente, usar equipo de respiración adecuado.

Protección de las manos : Material: caucho nitrilo  
Rotura por el tiempo: > 8 h  
Glove thickness: > 1 mm

Protección de las manos : Material: guantes de goma  
Rotura por el tiempo: > 8 h  
Glove thickness: > 1 mm

Protección de las manos : Material: Cloruro polivinílico - PVC  
Rotura por el tiempo: > 8 h  
Glove thickness: > 1 mm

Protección de los ojos : gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

Protección de la piel y del cuerpo : Llevar cuando sea apropiado: delantal botas

Medidas de higiene : Evitar contacto con piel y ojos. No respirar el polvo. Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.

Medidas de protección : No se requiere equipo especial de protección.

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

Estado físico	: polvo.
Color	: blanco,
Olor	: ninguno(a).
pH	: 3,2 a 1 g/l ( 25 °C)
Temperatura de fusión/rango	: 152 °C
Temperatura de ebullición/rango	: 336 °C
Punto de inflamación	: 196 °C , Método: Copa cerrada Tag
Temperatura de ignición	: 420 °C
Peligro de explosión	: No explosivo
Presión de vapor	: 0,11 hPa a 25 °C
Densidad relativa	: 1,336 a 20 °C

Continúa Figura 9, Hoja de datos de seguridad del ácido adípico

fuelle: [http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)

**Adipic acid**

Versión 2.0

Fecha de revisión 11.12.2003

Ref. 130000000103

Densidad aparente	: 600 - 700 kg/m <sup>3</sup>
Hidrosolubilidad	: 19 g/l a 20 °C
Solubilidad en otros disolventes	: 44 g/l, a. 20 °C Medios: Acetona.
Solubilidad en otros disolventes	: 216 g/l, a. 20 °C Medios: Methanol.
Densidad relativa del vapor	: 5,04

**10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

Materias que deben evitarse	: agentes oxidantes fuertes.
Reacciones peligrosas	: no previsible en condiciones normales Estable en condiciones normales.

**11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

Toxicidad oral aguda	
• Acido adipico	: DL50/rata: 3 600 mg/kg
Irritación de la piel	: No irrita la piel
Irritación de los ojos	: Irrita los ojos.
Sensibilización	: No produce sensibilización en animales de laboratorio.
Experiencia humana	: Las exposiciones excesivas pueden afectar a la salud humana, en la forma siguiente:  Inhalación Sistema respiratorio: irritación Contacto con los ojos rasgadura, dolor, visión borrosa

**12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

Toxicidad para peces	
• Acido adipico	: CL50/96 h/Pimephales promelas: 88 mg/l

**13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN**

Producto	: Puede eliminarse por terraplenado si las normas locales lo permiten.
----------	--

Continúa Figura 9, Hoja de datos de seguridad del ácido adipico

fuelle: [http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)

**Adipic acid**

Versión 2.0

Fecha de revision 11.12.2003

Ref. 13000000103

**14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

Información Adicional : Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación del transporte.

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

**Etiquetado de acuerdo con la Directiva CEE**

Simbolo(s) : Xi Irritante

Componentes peligrosos: Acido adipico

Frase(s) - R : R36 Irrita los ojos.

**16. OTRA INFORMACIÓN**

**Texto de las frases R mencionadas en la Sección 2**

R36 Irrita los ojos.

La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga, y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad. La información se refiere únicamente al material especificado, y no puede ser válida para dicho material, usado en combinación con otros materiales o en cualquier proceso, a menos que sea indicado en el texto.

Continúa Figura 9, Hoja de datos de seguridad del ácido adipico

fuelle: [http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)



## Información de Reglamentos

Reglamentos en los EUA.

Nombre CAS	Ácido hexanodioco
Número CAS	[124-04-9]
Fórmula	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>
Otros nombres	Ácido 1,4 butano dicarboxílico
Número NIOSH	AU 8400000
Estatus de inventario TSCA	Reportado / Incluido
Superfund reportable discharge – RQ	5000
<i>Título III Clasificación de Riesgos</i>	
<i>Secciones 311, 312</i>	
Agudo	Sí
Crónico	No
Fuego	No
Reactividad	No
Presión	No
<i>Listas</i>	
Substancia extremadamente peligrosa	No
Material peligroso CERCLA	Sí
Químicos Tóxicos	No

Tabla 8, Reglamentos en donde el ácido adípico está incluido en los EUA

[http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11844/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11844/index.html).

Reglamentos de Canadá.

El ácido adípico está incluido en la Lista de Substancias Domésticas Canadiense (DSL).

WHMIS Canadiense	D2B; Material tóxico
Clasificación	Irritante de piel y ojos
<i>Transportación de productos peligrosos.</i>	
Nombre adecuado para transporte	Ácido Adípico
Número UN	NA 9077
Clase TDG	9.2
Grupo de empaque TDG	III

Tabla 9, Reglamentos en donde el ácido adípico esta incluido en Canadá

[http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11844/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11844/index.html).

Reglamentos de la Comunidad Europea:

Número EINECS	2046733
Número EC	607—144—00—9
Número de la Tarifa arancelaria en las aduanas europeas	2917.12.10.0.00

Tabla 10, Reglamentos en donde el ácido adípico está incluido en la Comunidad Europea

[http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11844/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11844/index.html).

Reglamentos en Asia / Pacífico.

El ácido adípico está incluido en los listados de inventarios de Korea, Japón, Australia, Filipinas y China.

Estatus en la FDA.

En el Registro Federal el ácido adípico está listado como generalmente reconocido como seguro. (GRAS). Cumple con el reglamento 21 CFR 184.1009, el cual solicita el cumplimiento de los requisitos enumerados en el "Food Chemical Codex" (FCC, Codex Químico Alimentario). Las dos limitaciones del FCC están en relación al contenido de metales: contenido menor a 10.0 ppm en metales pesados tales como el plomo y menor a 3.0 ppm para arsénico. Adicionalmente a estos requerimientos, el ácido adípico también debe cumplir con los siguientes requisitos del mismo FCC:

Ensayo	99.6 – 101.0% *
Punto de fusión	151.5 – 154 °C
Cenizas	< 20 ppm *
Agua	< 0.2 % *

Tabla 11, Requisitos adicionales de la FCC

[http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11844/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11844/index.html).

\* En base anual se prueban muestras puntuales de ácido adípico para verificar el cumplimiento de estos requisitos FCC.

## CAPITULO II

Usos y Aplicaciones Industriales del Ácido Adípico en el mercado mundial y nacional.

El ácido adípico es utilizado principalmente para 2 grandes tipos de fabricación industrial:

- 1) Aplicaciones para la fabricación de nylon 6,6, y
- 2) Aplicaciones No-Nylon.

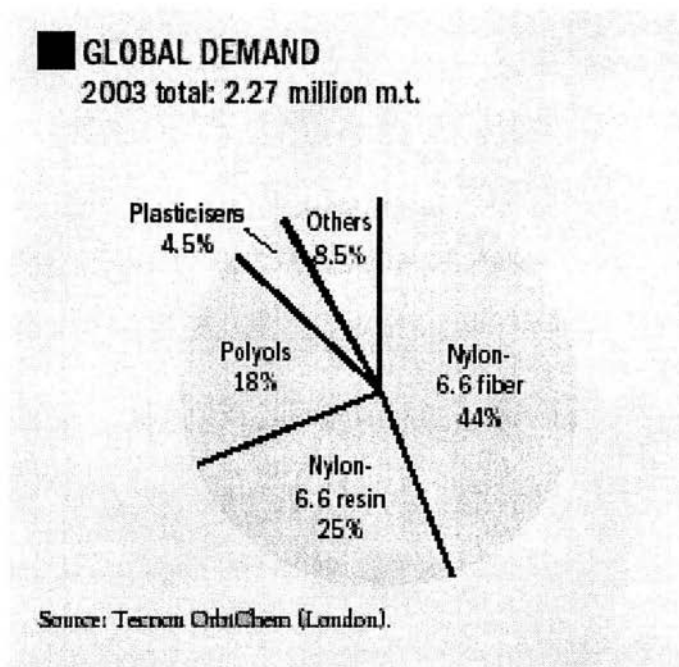


Figura 10, Demanda global por aplicación del ácido adípico

fuelle: Tecnon OrbiChem (London) en "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

### 1) Aplicación para la fabricación de nylon 6,6

El mayor uso del ácido adípico es, por mucho, la fabricación de nylon 6,6. Las aplicaciones finales del nylon 6,6, como son las fibras, las resinas poliamídicas, los

plásticos de ingeniería, las películas y otras, dan cuenta de casi el 70% del consumo mundial de ácido adípico.<sup>18</sup>, tal como lo muestra la Figura 10.

En 1934 Carothers hizo salir por una aguja hipodérmica un hilo de la primera fibra sintética práctica, a la que DuPont puso "nylon". Esa fue una de las muchas fibras poliméricas desarrolladas por el equipo de Carothers, y la primera que DuPont decidió explotar en forma industrial. Nadie jamás ha puesto en duda que ésta fue una sapientísima decisión<sup>19</sup>.

El nylon no nació fácilmente. Ya desde 1930 Carothers estaba convencido de que a partir de moléculas derivadas del carbón, aire y agua se podría crear una fibra durable. Pero perfeccionar el proceso requirió 10 años y 27 millones de dólares de inversión<sup>20</sup>.

El nylon 6,6, o polihexametilenadipamida, y el nylon 6, o policaprolactama, son los nylons más importantes desde el punto de vista comercial. Ambos pueden ser transformados en fibras que son utilizadas para alfombras, ropa, cuerdas para neumáticos y otras aplicaciones industriales, o transformados en resinas de ingeniería que se utilizan para el moldeo de partes automotrices, eléctricas y electrónicas, piezas de maquinaria y electrodomésticos, películas, recubrimiento para cables eléctricos y monofilamentos. La diferencia entre uno y otro es que el nylon 6,6 se obtiene de la polimerización de 2 monómeros diferentes pero de 6 átomos de carbono cada uno (el ácido adípico y la hexametildiamina), mientras que el nylon 6 es fabricado por la homopolimerización de la caprolactama.

Las fibras de nylon son producidas como filamentos continuos para hilado y para fibra textil, las resinas son producidas para usarse en moldeo por inyección o

---

<sup>18</sup> Tecnon OrbiChem (London) en "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

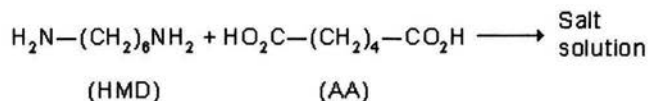
<sup>19</sup> Mark, Herman F, *Moléculas Gigantes*, Colección Científica TIME LIFE, p. 106

<sup>20</sup> *ibidem*, p. 116

extrusión. Las resinas de ingeniería también pueden reforzarse con fibra de vidrio, cargas minerales o modificarse de otras formas para mejorar sus propiedades.

Las diferencias entre el nylon 6,6 y el nylon 6 son a menudo sutiles, pero en términos generales, el nylon 6,6 tiene una mayor resistencia a la tensión, mayor dureza, mayor resistencia al calor y temperaturas altas y una menor higroscopicidad. En las aplicaciones para fibra, las propiedades más valoradas del nylon son su baja absorción de humedad y su resistencia a la abrasión, aunque sus propiedades generales dependen de la velocidad de torcido, velocidad de estiramiento y los tipos de acabado o aditivos utilizados. Para las resinas de ingeniería, el nylon es particularmente valioso por su bajo coeficiente de fricción, su excelente resistencia a la abrasión, buena resistencia química y una alta resistencia al impacto.

El nylon 6,6 es un polímero de condensación AABB (ver Reacción 18), se produce por la copolimerización del ácido adípico y la hexametildiamina, ambos monómeros de 6 átomos de carbono (de ahí su denominación 6,6). El primer paso es la neutralización del ácido adípico con la diamina, generalmente en medio acuoso, para formar la sal. Frecuentemente se hace referencia a esta sal como sal de nylon, sal 6,6 o sal AH, mientras que al proceso de neutralización se le llama algunas veces como golpe salino. El proceso de neutralización es exotérmico y genera 21 kcal/mol.



Reacción 18, Neutralización del ácido adípico con hexametildiamina, síntesis nylon 6,6

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12620/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12620/index.html).

La sal de nylon en solución, generalmente es polimerizada (ver Reacción 19) por lote o mediante polimerización fundida continua hasta obtener un polímero de peso molecular entre 10,000–25,000. La sal de nylon puede ser también cristalizada y secada para facilitar su transporte por distancias largas. La polimerización fundida continua es una reacción a condiciones diseñadas para sostener la formación del polímero en solución muy cerca y ligeramente por encima de su punto de fusión. La sal 6,6 se funde a 265°C. La formación de la amida inicia en el momento en que la temperatura se incrementa por arriba de los 160°C. Se sostiene la presión con vapor hasta que se acerca el término de la reacción a temperaturas mayores a los 265°C. Al final, se hace necesaria la creación de vacío para colaborar con la remoción de agua del seno de la reacción y llevar el polímero a un alto peso molecular.



Reacción 19, Polimerización de la sal de nylon

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12620/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12620/index.html)

Aunque la Reacción 19 es exotérmica, la evaporación de grandes cantidades de agua en exceso determina que el proceso total de la polimerización fundida continua sea endotérmico.

La síntesis de nylon 6,6 tiene una extrema sensibilidad a las impurezas de los ingredientes utilizados en su fabricación. Esta sensibilidad se manifiesta en dificultades para controlar el peso molecular y problemas de receptividad a los colorantes.<sup>21</sup> Impurezas del tipo monobásicas, actúan como freno del crecimiento de las cadenas moleculares durante la polimerización y limita los pesos moleculares que se necesitan obtener. La presencia de ácidos monobásicos y compuestos que actúan como ellos, tales como los ciano-ácidos, hidroxiaácidos y aldehídos ácidos, se deben controlar por la misma razón. El ácido succínico, y

<sup>21</sup> Kirk, Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, p. 483

otros ácidos dibásicos subproducto de la síntesis industrial del ácido adípico, también deben ser controlados debido a que también funcionan como terminadores de cadena. Impurezas inestables tales como los aldehídos ácidos generan coloración del polímero y también promueven su entrecruzamiento y gelación. Las impurezas de iones metálicos, particularmente el hierro, deben ser cuidadosamente limitadas debido a que pueden afectar también el color final del nylon y también pueden catalizar la descomposición del ácido adípico durante el proceso de polimerización o durante el hilado cuando se encuentra fundido.<sup>22</sup>

## 2) Aplicaciones No-Nylon.

En orden decreciente de importancia, según el volumen utilizado del total del ácido adípico fabricado en el mundo, se tienen las siguientes aplicaciones:

- a) Poliuretanos y elastómeros
- b) Plastificantes
- c) Intermediario para síntesis químicas
- d) Resinas poliéster insaturadas
- e) Aditivos para papel
- f) Uso alimentario
- g) Lubricantes sintéticos
- h) Formación de pastillas
- i) Secuestrante
- j) Otras aplicaciones.

---

<sup>22</sup> McKETTA, John J., *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, p. 131



### **a) Poliuretanos y Elastómeros:**

Los poliuretanos (PU's) son de los plásticos más versátiles de que se dispone hoy en día, ya que ofrecen un amplio rango de propiedades que son muy apropiadas para muchos usos finales. Esto se debe al hecho de que son polímeros segmentados y que combinan propiedades físicas de los plásticos duros y suaves. Los poliuretanos pueden presentarse de diversas formas, cada una con diferentes aplicaciones potenciales.

La mayoría de los PU's son fabricados ya sea por la reacción de un poliol-poliéster con un diisocianato, o por la reacción de un poliol-poliéter con un diisocianato, en ambos casos, generalmente se usan promotores para extender la cadena y obtener una amplia variedad de propiedades físicas y químicas. Los PU's basados en poliol-poliéster se obtienen de los ácidos dicarboxílicos, principalmente el ácido adípico, y generalmente tienen las siguientes ventajas sobre los Pu's a base de poliol-poliéter:

- Mayor resistencia a solventes y aceites
- Mayor resistencia al oxígeno y radiación ultra violeta (UV)
- Mejor resistencia a la abrasión.
- Un mejor desempeño a temperaturas elevadas.
- Mayor resistencia al rasgado.
- Mayor resistencia a la tensión.

Las aplicaciones más típicas de los poliuretanos se muestran de forma cualitativa en la Figura 11:

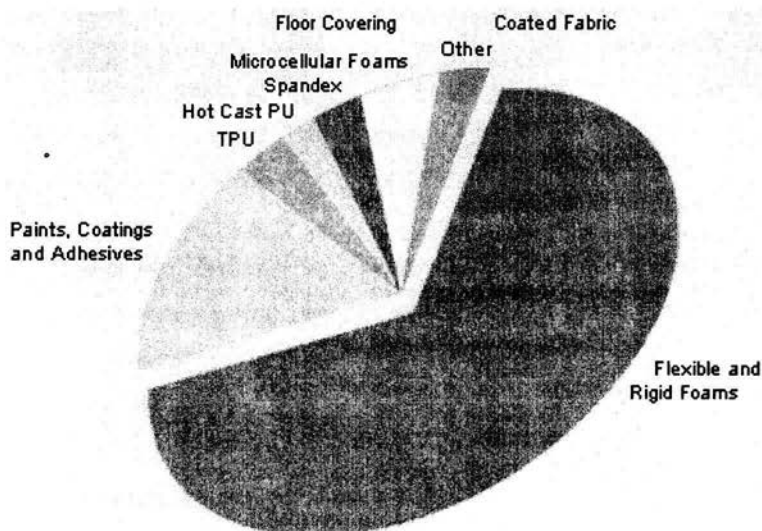
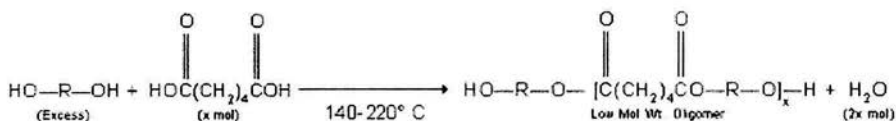


Figura 11, Principales aplicaciones de los poliuretanos

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-tolley/page\\_10746/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-tolley/page_10746/index.html)

Los polioles-poliéster son el resultado de una reacción de condensación entre un ácido dicarboxílico y un glicol. Un ejemplo de reacción involucrando al ácido adípico se muestra en la Reacción 20:



Reacción 20, Síntesis de poliuretanos poliéster con ácido adípico

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12694/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12694/index.html)

En muchos usos especializados de los poliuretanos tales como las suelas de calzado y algunos tipos de recubrimientos, un parámetro de color consistentemente bajo es un aspecto crítico durante su procesamiento. De modo

que, al igual que la aplicación para la fabricación de nylon, la pureza del ácido adípico es nuevamente un requisito indispensable para producción de bajo color de polioles-poliéster y su subsecuente transformación en poliuretanos.

Se ha encontrado que algunas impurezas en el ácido adípico tales como los niveles de nitratos y fierro, tienen impacto sobre el color del polioli-poliéster.

### Aplicaciones de los Poliuretanos:

Los poliuretanos son categorizados por la forma en que son procesados. Cada proceso ofrece diferentes propiedades y por lo tanto, diferentes aplicaciones finales, todas estas aplicaciones lo son de forma indirecta del ácido adípico:

TIPO DE PU	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS DE APLICACIÓN
Espumas flexibles	PU entrecruzado ligeramente y expandido con gas.	Filtros de aire, colchones, defensas, etc.
Espumas rígidas	PU altamente entrecruzado y expandido con gas	Retardantes a la flama, aplicaciones en la construcción
Elastómeros microcelulares y de moldeo	PU intermedios entre sólido y espuma.	Suelas de zapato, aislantes de vibración, amortiguadores automotrices y elementos de resorte.
Elastómeros termoplásticos (TPU)	Plástico lineal, remoldeable.	Cubiertas de rodamientos, cinturones industriales, llantas sólidas
Recubrimientos	PU aplicados por esparado, evaporando el solvente y dejando una capa del producto.	Recubrimientos interiores y exteriores resistentes a la abrasión y alta dureza.

Tabla 12, Aplicaciones de los diferentes tipos de poliuretano

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12694/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12694/index.html)

### b) Plastificantes:

Un plastificante es una substancia que cuando es añadida a un material, generalmente un plástico, lo hace flexible, resiliente y fácil de manejar. Los

plastificantes modernos son químicos orgánicos hechos por el hombre, la mayoría de los cuales son diésteres obtenidos de polioles de alto peso molecular y ácidos dicarboxílicos tales como el ácido adípico y el ácido ftálico.

Plastificantes adipato típicos son:

- Dioctil adipato (DOA)
- Dimetil adipato (DMA)
- di-(n-octil-n-decil) adipato (DNODA)
- Diisodecil adipato (DIDA)
- Plastificantes poliméricos basados en adipatos

Los plastificantes son utilizados en todos los tipos de plásticos, y una gran mayoría en el cloruro de polivinilo (PVC). En la Figura 12 se observa la distribución de usos del PVC plastificado:

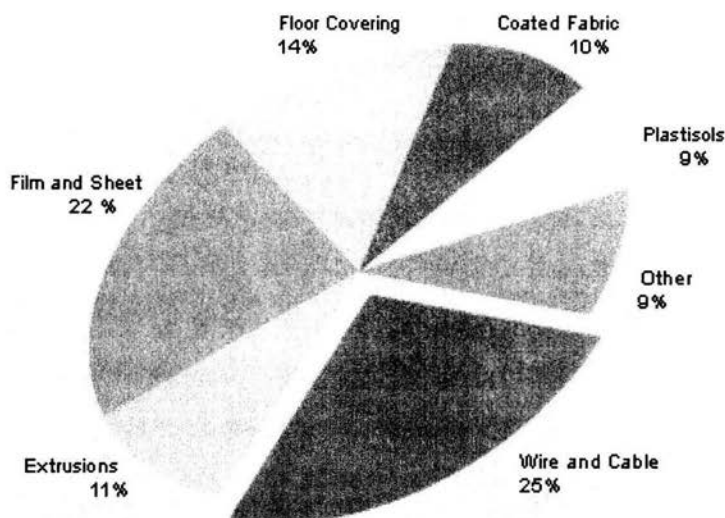


Figura 12, Principales usos del PVC plastificado

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/-trolley/page\\_10730/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/-trolley/page_10730/index.html)

Aunque los ftalatos son el plastificante más común utilizado en la industria del PVC, se utilizan otros plastificantes tales como los adipatos, cuando es necesario obtener mayores beneficios y cuando el plástico va a ser utilizado en condiciones que demandan un mejor desempeño. En términos generales, los adipatos ocupan el 10% del mercado total de plastificantes.<sup>23</sup>

Tales plastificantes tipo adipatos son útiles cuando se requiere una mejor permanencia, baja volatilidad y resistencia a la extracción. Además de estas propiedades, los adipatos como plastificantes imparten al PVC una excelente flexibilidad a temperaturas extremadamente bajas. Esta propiedad de los plastificantes tipo adipatos se muestra comparativamente contra los plastificantes a base de ftalatos en la Figura 13.

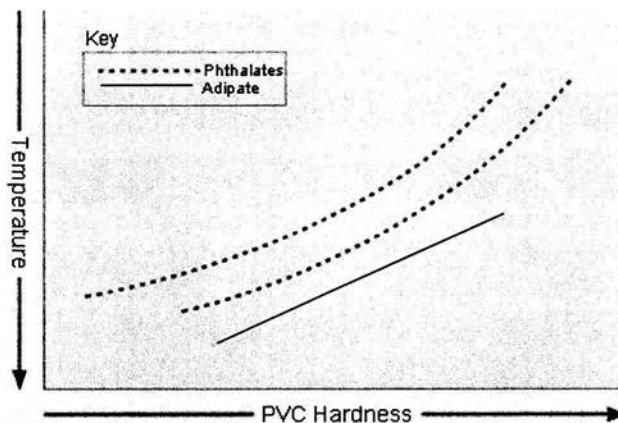


Figura 13, Evaluación de la dureza del PVC a bajas temperaturas plastificado con ftalatos y adipatos típicos.

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12730/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12730/index.html)

Estas propiedades del PVC a bajas temperaturas impartidas por plastificantes tipo adipato lo hacen ideal para fabricar aislamientos de alambres y cables eléctricos que serán usados en climas fríos.

<sup>23</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/-trolley/page\\_10730/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/-trolley/page_10730/index.html).

Los plastificantes tipo adipato tienen baja viscosidad y le transfieren esta propiedad al PVC, que en algunas aplicaciones tales como pinturas para muros y otros recubrimientos, donde una baja viscosidad es importante, permiten su fácil aplicación. Esto los hace ser utilizados preferentemente como modificadores de viscosidad.

PROPIEDAD	FTALATO	ADIPATO	FOSFATO	TRIMELITATO	SEBACATO Y AZELATO	CITRATO
Veloc. Fusión	•					
Viscosidad	•					
Estabilid. Térmica						♦
Color resist. a la temp.						♦
Desempeño a baja temp.	•	♦♦	♦		♦♦	
Viscosidad del plastisol	•	♦				
Volatilidad		•		♦		
Retardancia a la flama	•		♦♦			
Tendencia a migrar	•	•	♦	♦♦		
Ejemplos de uso final	Aplicaciones de propósito general, e.g. juguetes	Ambientes a baja temperatura, cables, aislamientos y películas de empaque	Encapsulados resistentes al fuego	Aislamiento de cables eléctricos de alto desempeño	Ambiente ártico, aislamiento de cables, películas	Equipo médico y películas de empaque.

- promedio
- ♦ mejor desempeño relativo

Tabla 13, Tabla comparativa de usos finales y beneficios de algunos plastificantes.  
fuente: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12770/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12770/index.html)

Adicionalmente, y como consecuencia del alto grado de pureza con el que se dispone el grado comercial, el ácido adípico aparece en la lista A de la Directiva Europea 90/128 relativa a los materiales plásticos y sus aditivos que serán destinados a entrar en contacto con productos alimenticios. Como resultado, el

ácido adípico es utilizado extensamente en la industria de las películas plásticas para empaque alimenticio, un uso final donde otros tipos de plastificantes esta excluido.<sup>24</sup>

### **c) Intermediario para síntesis química:**

#### Síntesis de Adiponitrila:

La adiponitrila (ADN) es uno de los intermediarios clave en la manufactura del 1,6 hexendiamina. La ADN puede ser producida por deshidratación catalítica de la sal de amonio del ácido adípico a los 350 °C. Los rendimientos típicos generalmente exceden del 90%<sup>25</sup>.

#### Síntesis de Ciclopentanona:

La ciclopentanona es un intermediario útil en la síntesis de otras moléculas con propiedades de aroma y sabor, síntesis del ácido glutárico y síntesis de compuestos con actividad biológica. La ciclopentanona se produce fácilmente por la descarboxilación/deshidratación del ácido adípico catalizada por calcio o bario a temperaturas mayores a los 240 °C.<sup>26</sup>

#### Síntesis del 1,6 hexendiol:

La hidrogenación a 200 °C y 100 kPa (750 mmHg) del dimetil adipato sobre un catalizador de cobre activado sobre cromita produce el 1,6 hexanodiol, que es un valioso intermediario químico utilizado en la fabricación de polioles-poliéster, uretanos y resinas alquidálicas. También se pueden utilizar otros sistemas catalíticos que incluyen sistemas activados de níquel y cobalto.<sup>27</sup>

---

<sup>24</sup> idem, confere Kirk, Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, p. 484 y p. 486

<sup>25</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11526/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11526/index.html).

<sup>26</sup> idem.

<sup>27</sup> idem.

Síntesis del sebacato de dimetilo:

La electrólisis de Kolbe de las sales del ácido adípico lleva a la formación del sebacato de dimetilo a partir del cual se puede preparar fácilmente el ácido sebácico. El ácido sebácico se utiliza generalmente en la síntesis del nylon 6,10 y resinas alquidálicas con una flexibilidad tal que se utilizan como plastificantes<sup>28</sup>.

#### **d) Resinas poliéster insaturadas:**

Las resinas poliéster insaturadas (UPR por sus siglas en inglés) son la tercera más grande clase de las resinas termofijas<sup>29</sup>. Los poliésteres son líquidos viscosos de bajo peso molecular disueltos en monómeros de vinilo, tal como el estireno, para facilitar el moldeo de la resina a su forma deseada antes de su curado a una pieza rígida y sólida. Las aplicaciones típicas son tinajas de baño reforzadas con fibra de vidrio, cascos de botes, capacetes y deflectores para camiones, paneles para construcción y carrocerías automotrices. Las UPR reforzadas con cargas minerales son utilizadas en pisos de mármol sintético y resinas para resane automotriz, mientras que las UPR sin cargas ni refuerzo son utilizadas en recubrimientos a base de gel y recubrimientos para mantenimiento. El ácido adípico mejora la resistencia a la tensión y a la flexión en este tipo de resinas y, en grandes cantidades, puede dar productos suaves y que se pueden doblar para aplicaciones especiales. Las resinas alquidálicas, un tipo muy común de resinas poliéster insaturadas, utilizan ácido adípico cuando se requiere una baja viscosidad y alta flexibilidad en aplicaciones como plastificante.

Las resinas UPR son, principalmente, poliésteres aromáticos. La flexibilidad de la resina UPR se incrementa reemplazando una porción del ácido aromático con ácido adípico. Se incorpora un monómero para curado como el anhídrido maléico

<sup>28</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11526/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11526/index.html).

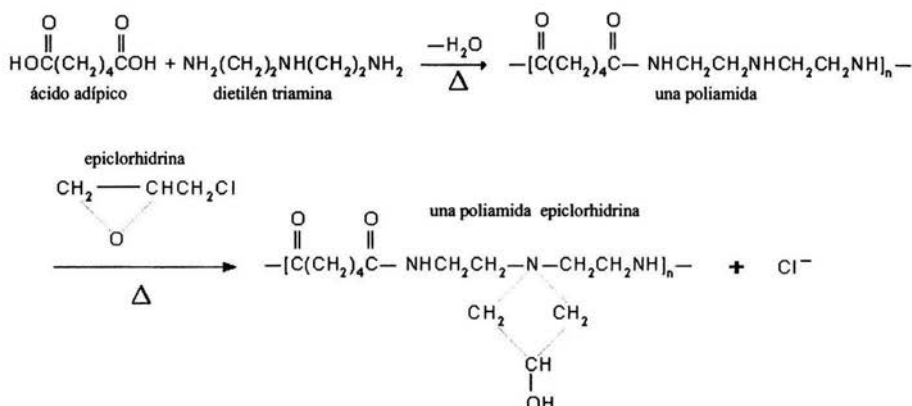
<sup>29</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11523/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11523/index.html)



para impartir insaturación dentro de la cadena principal del polímero. El entrecruzado se hace mediante el uso de monómero de estireno disuelto mediante el proceso de polimerización por radicales libres<sup>30</sup>.

### e) Aditivos para papel:

El ácido adípico es utilizado extensamente en la fabricación de resinas resistentes a la humedad como la poliamida-epiclorhidrina. También se pueden fabricar productos similares mediante el uso del dimetil adipato u otros ésteres adipato<sup>31</sup>.



Reacción 21, Síntesis de una poliamida epiclorhidrina para aditivo de papel

fuente: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12762/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12762/index.html)

Tales resinas son de alta eficiencia y resistentes a la humectación y pueden funcionar bajo condiciones neutras o alcalinas de la fabricación del papel. Esto elimina la fragilidad y degradación del papel catalizado por ácido así como reduce la corrosión de la maquinaria. Estas resinas son usadas típicamente para incrementar la fortaleza del papel tanto húmedo como seco en envases para leche, toallas y tejidos. Estas resinas también suministran papel más suave y

<sup>30</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11523/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11523/index.html)

<sup>31</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11520/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11520/index.html)

absorbente y pueden ser utilizadas como ayuda al avance durante la fabricación del tejido<sup>32</sup>.

**f) Uso alimentario:**

El ácido adípico ocurre naturalmente en el jugo del betabel y ha sido utilizado como un ingrediente alimentario desde 1928<sup>33</sup>.

El grado alimenticio del ácido adípico es utilizado en gelatinas para promover un rápido cuajado, añadiendo notas ácidas y protección contra pérdida de la calidad. También es utilizado en bebidas, condimentos, productos análogos lácteos, grasas y aceites, postres lácteos congelados, pudines, aderezos, productos cárnicos y alimentos en fritura.

Los formuladores de alimentos seleccionan el ácido adípico para suministrar estabilidad, un sabor distintivo, textura que aparente un gel o que dé una apariencia estable a sus productos alimenticios.

Estabilidad:

Los alimentos son descompuestos a través de la actividad de los microorganismos. El ácido adípico produce un pH bajo que inhibe su crecimiento. Además, también se ha encontrado que aumenta el efecto de otros antimicrobianos<sup>34</sup>.

El ácido adípico no es higroscópico, una propiedad que lo hace adecuado para un mejor procesamiento e impartir estabilidad mejorada al sabor del alimento.<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12762/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12762/index.html)

<sup>33</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_10734/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_10734/index.html)

<sup>34</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

<sup>35</sup> idem

El ácido adípico puede ser utilizado para controlar el pH de los productos alimenticios dentro del rango 2.5 a 3.0, tal como lo muestra la Figura 14. En muchos productos alimenticios esto es altamente deseable debido a que se trata de un pH no demasiado bajo como para afectar adversamente el sabor pero sí lo suficientemente bajo como para tener el impacto deseado en la estabilidad del alimento<sup>36</sup>.

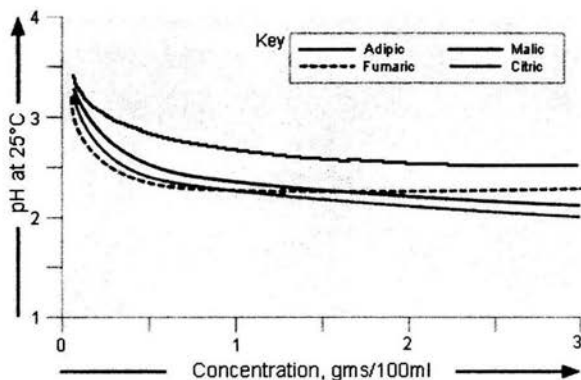


Figura 14, pH del ácido adípico comparado con otros ácidos orgánicos

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

El ácido adípico también es un excelente secuestrante y con una fuerte habilidad de acomplejar iones metálicos. Dado que la oxidación de los alimentos es a menudo catalizada por iones metálicos, pequeñas cantidades de ácido adípico pueden colaborar a extender la vida de anaquel de los productos alimenticios.

Sabor:

Es en el área de sabor que el ácido adípico se distingue de entre los otros ácidos orgánicos utilizados en la industria alimenticia. Cuando se utiliza como un aditivo, imparte una nota ligeramente ácida que ha sido descrita frecuentemente como “delicada”, “distintiva” y “deliciosa”. Se ha encontrado que el ácido adípico se combina bien tanto con sabores delicados (tales como uva y baya) como con

<sup>36</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

sabores más fuertes (tales como el sabor a naranja) sin impartir un dejo indeseable. El ácido adípico tiene como beneficio adicional el permitirle a los fabricantes diseñar productos con un sabor que se queda durante más tiempo que todos los otros ácidos utilizados comúnmente en la industria<sup>37</sup>, tal como lo muestra la Figura 15.

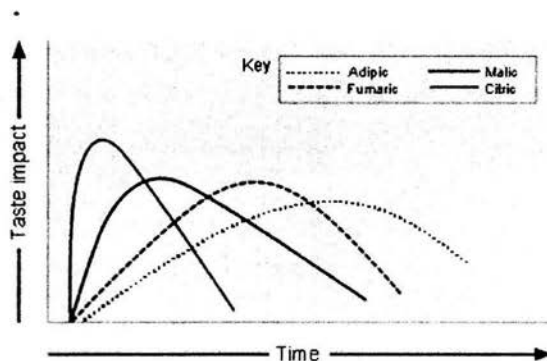


Figura 15, Impacto en el tiempo de la nota ácido del ácido adípico

fuelle [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

#### Textura:

El ácido adípico es a menudo el ácido alimentario elegido debido a sus propiedades gelantes que lo hacen ideal para la imitación de tocinos, mermeladas y postres de gelatina. El ácido adípico supera al cítrico en promover más rápidamente el cuajado de gelatinas instantáneas. El ácido adípico produce el sabor ácido deseado en el pH 3.0 óptimo para el cuajado mientras que el ácido cítrico puede rendir el mismo sabor ácido pero solamente a pH inferior. El ácido adípico también protege a la gelatina contra la pérdida de calidad debido a la variación de dureza y variación del pH del agua actuando como un agente amortiguador. Las formulaciones de gelatina que contienen alrededor de 3.3% de ácido adípico normalmente no requieren de amortiguamiento adicional. El ácido adípico combinado con almidones nativos y anhídrido acético proporcionan una

<sup>37</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

funcionalidad de agente de entrecruzamiento que altera significativamente el comportamiento al tragar el alimento, su sensación en la boca y la viscosidad del almidón.

**Apariencia:**

El ácido adípico es un polvo inodoro blanco que fluye fácilmente. Su naturaleza no higroscópica se traduce en una apariencia que no cambia por endurecimiento o apelmazado de los alimentos secos mezclados aun cuando éstos sean almacenados en ambientes de alta humedad.

**Aplicaciones permitidas en los EUA:**

Bajo la Directiva de la Unión Europea, el ácido adípico está permitido para ser utilizado en aplicaciones alimenticias. Los códigos del ácido adípico y sus sales de sodio y potasio son E355 a E357, respectivamente.

<b>TIPO DE ALIMENTO</b>	<b>% MÁXIMO DE ÁCIDO ADÍPICO</b>
Rellenos y acabados para repostería.	2 g/kg
Mezclas secas en polvo para postre.	1 g/kg
Postres tipo gelatina.	6 g/kg
Postres sabor a fruta.	1 g/kg
Polvos para preparación doméstica de bebidas.	10 g/lit

Tabla 14, Usos finales como aditivo alimentario legalmente autorizados en la Unión Europea, Anexo IV de la directiva 95/2/EC (Aditivos Alimentarios Misceláneos)

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12717/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12717/index.html)

### **g) Lubricantes Sintéticos:**

Los lubricantes sintéticos son formulaciones a base de químicos hechas por el hombre que incrementan el desempeño y productividad de la maquinaria disminuyendo la fricción entre sus partes móviles.

La mayoría de los lubricantes sintéticos están hechos a partir de una polialfaolefina, o de fluidos a base de ésteres, en conjunto con una serie de aditivos. La proporción de fluido base puede llegar hasta el 75% de la formulación.

¿Pero porqué escoger un lubricante sintético?. Los lubricantes sintéticos ofrecen varias ventajas por encima de los aceites y grasas convencionales debido a que están compuestos por moléculas estructuralmente uniformes y propiedades perfectamente bien definidas:

- Tienen excelentes propiedades de viscosidad y desempeño a altas temperaturas
- Menores depósitos debido a su buena estabilidad térmica y resistencia a la oxidación por altas temperaturas.
- Buenas propiedades a bajas temperaturas que mejoran su fluidez en frío.
- Bajo consumo debido a su baja volatilidad.

Todas estas ventajas colaboran a incrementar la eficiencia operacional, reducir los costos de mantenimiento y la reducción de consumo de energía<sup>38</sup>.

El ácido adípico proporciona un excelente punto de partida para varios tipos de lubricantes sintéticos a base de ésteres, incluyendo:

---

<sup>38</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_10740/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_10740/index.html)

- Mono ésteres
- Ésteres dibásicos
- Polioli poliésteres

El ácido adípico es utilizado predominantemente en los ésteres dibásicos. Estos diésteres son usados extensamente como aceites para motor en la industria automotriz. Se les ha encontrado que ofrecen buena estabilidad contra la oxidación, alta disolvencia, alto índice de viscosidad y una excelente compatibilidad con las polialfaolefinas, aceites minerales y aditivos. Otras aplicaciones potenciales para tales lubricantes sintéticos son los fluidos para compresor, aceites de transmisión y fluidos hidráulicos. También, a diferencia de los lubricantes derivados del petróleo, los polioli adipatos tienen la ventaja de tener mayor biodegradabilidad, un requisito cada vez mayor en la actualidad como un elemento clave para el control de derrames y destrucción final<sup>39</sup>.

#### **h) Formación de pastillas**

El ácido adípico puede ser utilizado como un excipiente en la formación de pastillas y puede desempeñar varios papeles en ésta. Un excipiente puede ser cualquier sustancia inerte o inactiva y que es utilizada en las pastillas como agente de relleno, aglutinante, lubricante o desintegrante<sup>40</sup>.

---

<sup>39</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_10740/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_10740/index.html)

<sup>40</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_10743/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_10743/index.html)

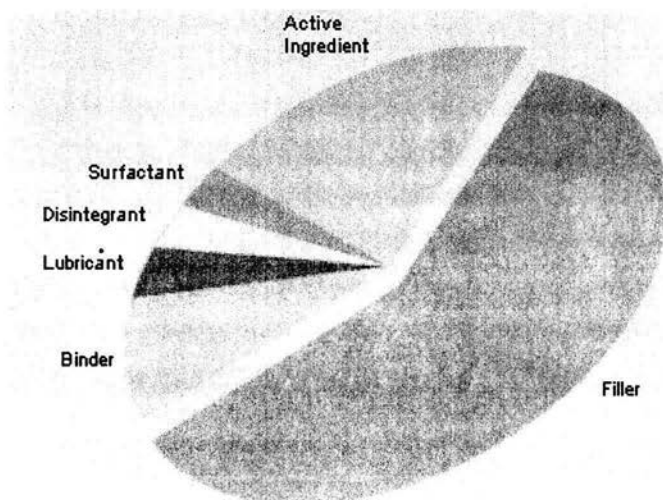


Figura 16, Composición típica por función de una pastilla no-efervescente.

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_10740/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_10740/index.html)

Como lubricante:

Es necesario contar con una superficie de la pastilla con buenas propiedades de lubricidad para reducir la fricción entre punzón y el dado. El fenómeno de arrastre del dado se presenta sin la apropiada lubricación de la superficie de la pastilla. Por otro lado, la lubricación interna de la pastilla es necesaria para reducir la fricción interna entre los componentes durante el proceso de compresión dándole flexibilidad y reduciendo el número de eventos de pastillas fracturadas. La mayoría de los lubricantes imparten ya sea lubricación superficial o lubricación interna. Sin embargo, el ácido adípico proporciona ambos tipos de lubricación y es por esta razón que puede ser utilizado como el único lubricante en muchas formulaciones. Se requiere de al menos un 5% (en peso) de ácido adípico para aquellas aplicaciones en donde únicamente se utiliza como lubricante<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12143/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12143/index.html)



Como agente aglutinante y de relleno:

El ácido adípico se puede también utilizar como agente aglutinante debido a que contribuye a la cohesión de los elementos de la formulación de la pastilla. Adicionalmente, dada su baja toxicidad y no higroscopicidad, también encuentra su paso como agente de relleno.

El ácido adípico también se utiliza en la fabricación de pastillas efervescentes. Estas pastillas son ampliamente utilizadas para suministrar rápidamente por ingestión el ingrediente activo. Un desintegrante típico consiste en una mezcla de ácido adípico con bicarbonato de sodio que cuando se pone en contacto con agua reacciona para liberar CO<sub>2</sub> y, por lo tanto, generando el efecto efervescente<sup>42</sup>. Las pastillas efervescentes se utilizan en gran variedad de aplicaciones tales como suplementos vitamínicos, antiácidos, purificación de agua, desinfectantes hospitalarios y dentales, farmacéuticos (i.e. dolor de cabeza), desinfectantes domésticos y pastillas para desinfectar lentes de contacto. Todas estas aplicaciones tiene como única variante el ingrediente activo<sup>43</sup>.

El uso en pastillas efervescentes del ácido adípico tiene una serie de ventajas:

- Se obtienen disoluciones claras, No produce suspensiones nebulosas ni forma película de nata en la superficie acuosa en la cual se disuelve la pastilla.
- Por ser no higroscópico se absorbe poca humedad dentro de la pastilla y por lo tanto minimiza la reacción durante el período de almacenamiento. Adicionalmente, al no recolectar humedad, no hay necesidad de controlar la humedad en la fábrica.

Las tabletas efervescentes típicamente utilizan 25% de ácido adípico, 35% de bicarbonato de sodio y el resto es ingrediente activo<sup>44</sup>.

---

<sup>42</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12143/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12143/index.html)

<sup>43</sup> idem

<sup>44</sup> idem

Finalmente, cada proceso de formación de pastillas tiene sus propios requerimientos en cuanto a la resistencia de ruptura de cristales. Se han probado cristales individuales de ácido adípico y se le han encontrado resistencias a la ruptura del cristal dentro del rango de 1,200 a 1,800 psi. La resistencia a quebrar los cristales depende principalmente de la forma y tamaño del cristal. El ácido adípico comercial se ofrece en diferentes distribuciones de tamaño y forma de cristal que facilitan su uso a los fabricantes de tabletas.

#### **i) Secuestrante:**

Los agentes secuestrantes son empleados en un rango diverso de productos y procesos, desde alimentos y productos domésticos hasta aplicaciones industriales. Secuestrar significa “retirar del uso” y en particular los agentes secuestrantes son utilizados para retirar iones metálicos tales como el hierro, cobre, níquel, cobalto, cromo, calcio y manganeso. Los agentes secuestrantes actúan mediante la formación de complejos metálicos fuertemente asociados pero solubles y, por lo tanto, retirando la disponibilidad de los iones metálicos y evitando su precipitación o evitando que se involucren en subsecuentes reacciones. Estos iones metálicos encuentran su camino a ciertos productos, por ejemplo, directamente desde el suelo en el caso de la dureza del agua, o como contaminantes dentro de las materias primas<sup>45</sup>.

La constante de estabilidad, K, es una medida de la tendencia hacia la formación de complejos metálicos en disolución acuosa. La Tabla 15 muestra que el ácido adípico es capaz de formar complejos metálicos estables con muchos diferentes iones metálicos.

---

<sup>45</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11510/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11510/index.html)

ION METÁLICO	CONSTANTE DE ESTABILIDAD K
Ca <sup>2+</sup>	2.19
Cd <sup>2+</sup>	2.1
Cu <sup>2+</sup>	2.3
Ni <sup>2+</sup>	1.6
Pb <sup>2+</sup>	2.8
Zn <sup>2+</sup>	1.8

Tabla 15, Logaritmo de las constantes de estabilidad (K) con ácido adípico a 25 °C.

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11510/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11510/index.html)

Una característica significativa del ácido adípico como secuestrante es su comportamiento como tal en un amplio rango de pH. La Figura 17 muestra los resultados de laboratorio en donde se añade ácido adípico a una solución que contiene iones Ca<sup>2+</sup>. A medida que el ácido adípico es añadido, la concentración de iones Ca<sup>2+</sup> libres disminuye indicando que la habilidad secuestrante del ácido adípico es independiente al cambio de pH dentro del rango de 2.75 a 5.

La Figura 18 muestra que en base molar, el ácido adípico y el ácido cítrico secuestran cantidades similares de iones Ca<sup>2+</sup> y, por lo tanto, el ácido adípico es 35% más efectivo como secuestrante en base másica dadas las diferencias de peso molecular entre ambos ácidos.<sup>46</sup>

<sup>46</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12616/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12616/index.html)

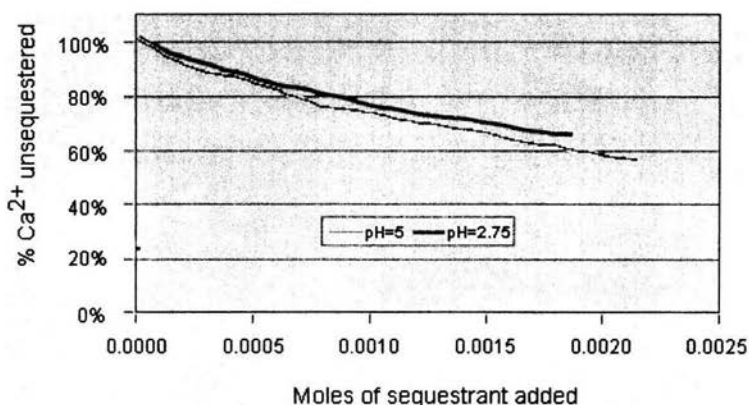


Figura 17, Impacto del pH sobre la habilidad secuestrante de iones  $\text{Ca}^{2+}$  del ácido adípico

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12616/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12616/index.html)

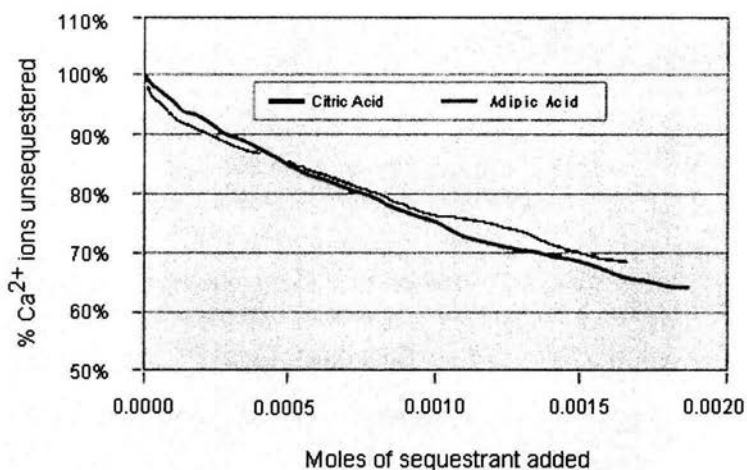


Figura 18, En base molar, el ácido adípico y el ácido cítrico secuestran cantidades similares de iones  $\text{Ca}^{2+}$

fuelle: [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_12616/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_12616/index.html)

Ejemplos prácticos del uso de secuestrantes incluyen, entre otros:

- Almidón industrial, se le añade un agente secuestrante para reducir el impacto en el desempeño del producto debido a la dureza del agua y para regular el pH.
- Limpiadores Domésticos, e.g. para remover depósitos de sales de calcio de las superficies de acero inoxidable.
- Detergentes, los agentes secuestrantes son utilizados por los fabricantes de estos productos para controlar la dureza del agua de lavado de forma tal que los surfactantes de la formulación puedan trabajar apropiadamente.
- Alimentos, los agentes secuestrantes son utilizados para reducir el impacto de metales dañinos que causan y aceleran el deterioro del color y sabor.

#### **j) Otras Aplicaciones:**

Fundente para Soldadura:

Los fundentes para soldadura y los lápices de soldadura con centro fundente se utilizan para mejorar la calidad de la conexión eléctrica manteniendo la limpieza entre las superficies a soldar y promoviendo una mejor integración metal-metal. En particular, las conexiones electrónicas requieren que los fundentes dejen residuos mínimos y que puedan ser limpiados fácil y rápidamente sin oxidar las conexiones. Se utiliza una solución ácida débil diluida de ácido adípico en alcohol cuando se desea evitar la limpieza de las conexiones después del proceso de soldadura. El ácido adípico se usa en varias formulaciones de fundentes y varillas de soldadura con centro fundente con el objeto de activar la fusión, promover la limpieza del metal y minimizar las impurezas residuales y la subsecuente corrosión. La altísima

pureza y bajo contenido de impurezas del ácido adípico disponible para la industria lo hace muy atractivo para aplicaciones electrónicas de alta calidad<sup>47</sup>.

Agentes de curado para resinas Epoxi:

Los poliésteres con terminación en grupos carboxilo a menudo son utilizados como agentes de curado para las resinas glicidil-éter y para las resinas olefínicas epoxidadas. El poliéster con terminación carboxilo preparado con el ácido adípico, dietilén glicol y glicerol se utiliza como agente de curado para el diglicidil-éter del bisfenol A. El ácido adípico y ácidos dibásicos saturados similares se utilizan a razones molares menores que 1:1 con resinas diepóxicas para promover la esterificación, o se utilizan en bastante exceso junto con un catalizador adecuado para obtener el entrecruzamiento de la resina mediante esterificación-condensación<sup>48</sup>.

Las así llamadas poliamidas grasas, son generalmente utilizadas como agentes de curado epóxico y pueden ser preparadas, por ejemplo, a partir del ácido adípico, etanolamina y etilenglicol. El uso de las poliamidas grasas imparten flexibilidad y mejoran la resistencia al agua de los recubrimientos epóxicos, particularmente de las resinas glicidil-éter. Las aplicaciones típicas para estos epóxicos son la construcción, adhesivos de propósito general y sellado de la costura de las latas.<sup>49</sup>

Curtido de Pieles:

La función primaria de agente de curtido es la de estabilizar las fibras de colágeno del cuero crudo fresco de forma que no se biodegraden rápida o fácilmente. El ácido adípico puede ser utilizado para mejorar la calidad del cuero facilitando el incrementar el uso de sales de cromo en los licores de curtido y minimizando su pérdida en las corrientes de efluentes<sup>50</sup>.

---

<sup>47</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11528/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11528/index.html)

<sup>48</sup> idem

<sup>49</sup> idem

<sup>50</sup> idem

#### Lavado y desulfurización de gases de combustión:

De manera rutinaria se utiliza el ácido adípico y mezclas de ácidos dibásicos que lo contienen para amplificar el desempeño de los desulfuradores de piedra caliza húmeda<sup>51</sup>. Se espera que las normas ambientales que previenen las emisiones de dióxido de azufre sean aún más estrictas en los próximos años por lo que seguramente se incrementará el uso de estos sistemas de lavado. El ácido adípico actúa como agente amortiguador mejorando la eficiencia del tanque desulfurador mediante el incremento de la razón de disolución de la piedra caliza en lechada líquida alimentada al equipo, además de mejorar la transferencia de masa del dióxido de azufre desde la fase gaseosa hacia la fase líquida de lechada dentro del equipo. Se prefiere el uso del ácido adípico en los procesos oxidativos de piedra caliza con aire forzado.

#### Aplicaciones para limpieza:

El ácido adípico y sus derivados pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones de limpieza que van desde detergentes de lavandería y blanqueadores hasta detergentes lavaplatos y limpiadores de superficies duras. Los detergentes de lavandería que contienen ácido adípico forman sales solubles o complejos quelados y previenen que el calcio, magnesio y otras sales metálicas se vuelvan a depositar en los tejidos de las prendas. Se utilizan ácidos amidoperoxiadípicos en los blanqueadores de lavandería para reemplazar los blanqueadores a base de cloro<sup>52</sup>. Las propiedades quelantes del ácido adípico también son aprovechadas en las formulaciones de detergentes lavaplatos y los limpiadores de superficies duras utilizados en los baños y cocinas, en donde es necesaria y particularmente importante la solubilización de las natas de jabones a base de calcio y magnesio.

---

<sup>51</sup> [http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page\\_11528/index.html](http://login.adi-pure.invista.com/e-trolley/page_11528/index.html)

<sup>52</sup> idem

## CAPITULO III

### Mercado Mundial

#### Desarrollo Histórico:

El volumen fabricado de ácido adípico a escala mundial, como ya se explicó, está íntimamente ligado a la evolución del consumo del nylon 6,6. El ácido adípico tomó una mayor importancia comercial con la decisión de DuPont de introducir el nylon 6,6 en 1935. Dos razones básicas condujeron a la elección de un ácido dibásico de 6 carbonos y una diamina también de 6 átomos de carbón para la fabricación de nylon: (1) las muy altas propiedades del polímero nylon 6,6 y (2) una razón práctica, desde el punto de vista económico, que el benceno disponible podría ser la materia prima básica. Se requirió de un intenso trabajo de investigación para desarrollar procesos a gran escala económicamente viables para la fabricación de los intermediarios requeridos para la fabricación del nylon 6,6 entre ellos el ácido adípico. La primera fábrica comercial de ácido adípico en los EUA entró en operación en Belle, Virginia Oeste en el año de 1939<sup>53</sup>.

Los paracaídas de nylon, más fuertes y durables que los de seda, jugaron un papel importante en la Segunda Mundial. Sin la seda japonesa, las fuerzas armadas norteamericanas muy pronto adoptaron el sintético de la DuPont como un sustituto superior. Unas 23,000 toneladas de nylon se usaron en paracaídas y cuerdas para neumáticos de avión<sup>54</sup>. La importancia de la fibra de nylon durante la Segunda Guerra Mundial le dictó una prioridad al gobierno americano para apoyar la construcción de otro sitio de fabricación de intermediarios nylon 6,6 la cual arrancó en Orange, Texas en el año de 1946. Esta planta fue ampliada inmediatamente ante la ola de demanda de nylon en la postguerra.

---

<sup>53</sup> McKETTA, John J., *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, p. 129

<sup>54</sup> Mark, Herman F, *Moléculas Gigantes*, Colección Científica TIME LIFE, p. 116 y 117



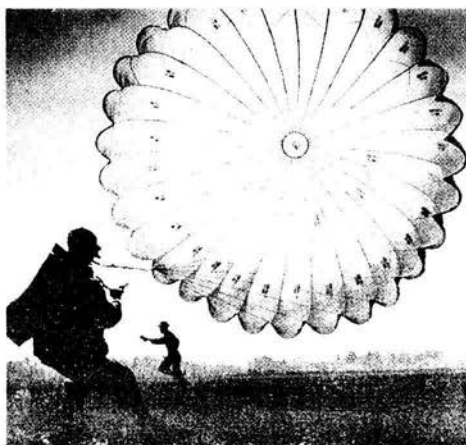


Figura 19, El nylon en la guerra

fuelle: Mark, Herman F, *Moléculas Gigantes*, Colección Científica TIME LIFE, p. 106

DuPont se lanzó al diseño y construcción de la primera fábrica de nylon pero Carothers murió antes de saborear su triunfo. Aunque era un hombre de buena y recia constitución y de una mente brillante, desde hacía tiempo venía sufriendo de fuertes ataques de depresión, y en la primavera de 1937 se suicidó. Su muerte fue una contraparte irónica de la brillante carrera de su invento. Cuando empezó la producción de nylon, la empresa DuPont había gastado ya unos 20 millones de dólares en investigación y aplicación práctica. No faltaron quienes dijeran que era mucho arriesgar en un producto no del todo conocido. Otros predijeron abiertamente que todas las fibras sintéticas tendrían que mezclarse siempre con las naturales. Pero, gracias a las excepcionales propiedades del nylon, así como también a una hábil publicidad anticipada, en Mayo de 1940, cuando salieron a la venta los primeros productos tejidos exclusivamente de esta fantástica fibra, las mujeres hicieron largas colas para comprar las nuevas medias "hechas de carbón, aire y agua". Casi todo el abasto inicial de cuatro millones de pares se acabó en media semana. Los expertos en comercio no podían creer el éxito tan rotundo del nylon.

Concluida la guerra, el 90% de todo el nylon se utilizó para fabricar medias y sin embargo se necesitaron dos años y 700 millones de pares para satisfacer la demanda acumulada<sup>55</sup>.



Figura 20, una joven desentendiéndose de quiénes están en una “cola de nylon”, se pone sus medias fuera de la tienda.

fuelle: Mark, Herman F, *Moléculas Gigantes*, Colección Científica TIME LIFE, p. 106

### Escenario Presente:

En la actualidad, el mercado global de fabricantes de ácido adípico se encuentra en una situación de exceso de oferta, operando sus instalaciones a razón del 85%, en promedio, según Charles Fryer, Director General de Tecnon OrbiChem (Londres). Se espera que estos rangos de operación se incrementen en los próximos años debido a la falta de nuevas inversiones en plantas, dice Fryer. Esto

<sup>55</sup>Mark, Herman F, *Moléculas Gigantes*, Colección Científica TIME LIFE, p. 107 y 117

iniciará una presión sobre el suministro de ácido adípico hacia los años 2005 o 2006<sup>56</sup>.

La Figura 21 muestra a DuPont como el líder fabricante, con casi el 40% del total de la capacidad global instalada, seguido por Rhodia con un 17%, es decir, la empresa para la cual colaboró el autor de este trabajo ocupa el 2do lugar, pero a una buena distancia del líder mundial.

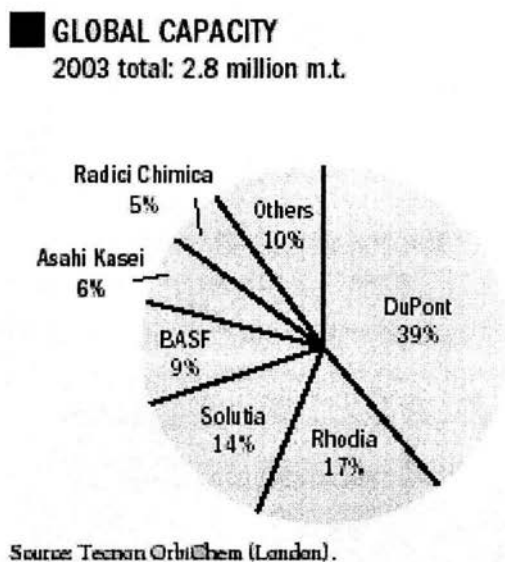


Figura 21, Capacidad instalada global total para fabricar ácido adípico

fuelle: Tecnon OrbiChem (London) en "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

La capacidad instalada actual global es de alrededor de  $2,824 \times 10^3$  tons/año, tal como se muestra en la Figura 21, también detallada por fabricante y ubicación en la Tabla 17.

<sup>56</sup>fuelle: Tecnon OrbiChem (London) en "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

Como ya se mostró en la Figura 10, la demanda actual es algo como  $2,270 \times 10^3$  tons/año y se espera que crezca a razón de un 2% anual durante los próximos 5 años, impulsada principalmente por el crecimiento en la resina termoplástica nylon 6,6 como plástico de ingeniería<sup>57</sup>. Este crecimiento, a su vez, está impulsado por el reemplazo de partes metálicas en aplicaciones dentro del motor de los autos y principalmente en los mercados americano y Europeo. El crecimiento individual de las principales aplicaciones se muestra en la Tabla 16.

<b>SEGMENTO DE APLICACIÓN</b>	<b>CRECIMIENTO ESTIMADO</b>
Fabricación de Nylon 6,6 total	1.7% al año
Nylon 6,6 para fibra	1.0% al año
Resina de Ingeniería	4.5% al año
Poliolos para Poliuretanos	4 a 5% al año
Plastificantes	1.0% al año
<b>TOTAL COMPUESTO</b>	<b>2.0% al año</b>

Tabla 16, Demanda Global Estimada de Acido Adípico por segmento de aplicación para los próximos 5 años.

fuelle: "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

<sup>57</sup> "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

<b>Fabricantes</b>		
Capacidad en miles de tons / año		
<b>AMERICA DEL NORTE</b>		
<b>EUA</b>		
DuPont	Victoria, TX	365
	Orange, TX	220
Solutia	Pensacola, FL	400
Inolex	Hopewell, VA	17
<b>CANADA</b>		
DuPont	Maitland, ON	170
<b>AMERICA DEL SUR</b>		
<b>BRAZIL</b>		
Rhodia	Paulinia	80
<b>EUROPA</b>		
<b>FRANCIA</b>		
Rhodia	Chalampé	320
<b>ALEMANIA</b>		
Basf	Ludwigshafen	260
Radici Chimica	Zeitz	80
Bayer	Leverkusen	68
<b>ITALIA</b>		
Radici Chimica	Novara	70
<b>UKRANIA</b>		
Rivneazot	Rovao	28
Azok Severodonetsk	Severodonetsk	28
<b>INGLATERRA</b>		
DuPont	Wilton	220
<b>ASIA PACIFICO</b>		
<b>CHINA</b>		
Liaoyang Petrochemical	Liaoyang	70
Pingdingshan Chemical	Pingdingshan	55
Taiyuan Chemical	Taiyuan	2
<b>JAPON</b>		
Asahi Kasei	Nobeoka	120
Sumitomo Chemical	Niihama	2
<b>KOREA</b>		
Rhodia	Ulsan	135
<b>SINGAPORE</b>		
DuPont	Palau Sakra	114
<b>TOTAL</b>		<b>2824</b>

Tabla 17, Capacidad instalada global total para fabricar ácido adípico por ubicación.

fuelle: "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

La producción de la adiponitrila (ADN) a partir del ácido adípico, intermediario a su vez para sintetizar el otro monómero del nylon 6,6, la hexametilendiamina, se ha ido discontinuando paulatinamente a lo largo de los últimos 30 años. Las únicas plantas que durante los últimos 15 años aún utilizan el ácido adípico para fabricar adiponitrila están en China y Rusia y se trata de instalaciones pequeñas, y también se espera que aún estas plantas sean discontinuadas en los próximos años, si no es que ya lo fueron<sup>58</sup>. Esto se debe a que se han encontrado otras rutas de síntesis industrial económicamente más viables, tales como procesos basados en el propileno y butadieno<sup>59</sup>.

El ácido adípico integra la lista de los 50 productos químicos de mayor fabricación en el mundo, ocupando el lugar 47, tal como se muestra en la Tabla 18.

---

<sup>58</sup> "PRODUCT FOCUS", *Chemical Week*, USA, April 23,2003, p.25

<sup>59</sup> Kirk, Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, p. 486

**Business**

**Top 50 chemicals production totaled about 610 billion lb in 1988**

Rank			Billion of lb		Common units <sup>a</sup>		Average annual growth			
1988	1987 <sup>b</sup>		1988	1987	1988	1987	1987-88	1986-87	1985-86	1978-88
1	1	Sulfuric acid	85.56	77.50	42,779 tt	38,750 tt	10.4%	5.2%	2.7%	0.3%
2	2	Nitrogen	52.10	47.39	719 bcf	654 bcf	9.9	-2.5	5.1	6.3
3	5	Oxygen	37.09	32.28	448 bcf	390 bcf	14.9	-2.3	5.3	0.5
4	3	Ethylene	36.56	34.99	36,562 mp	34,992 mp	4.5	6.5	5.0	3.5
5	4	Ammonia	33.89	32.32	16,946 tt	16,161 tt	4.9	15.4	4.0	-0.1
6	6	Lime <sup>c</sup>	32.34	30.36	16,169 tt	15,182 tt	6.5	2.3	1.7	-2.3
7	7	Sodium hydroxide	23.97	23.04	11,983 tt	11,518 tt	4.0	7.7	3.2	0.6
8	9	Phosphoric acid	23.43	20.95	11,717 tt	10,473 tt	11.9	13.8	3.7	2.0
9	8	Chlorine	22.66	21.96	11,329 tt	10,980 tt	3.2	5.2	2.6	0.2
10	10	Propylene	19.97	18.53	19,966 mp	18,527 mp	7.8	12.1	7.4	4.4
11	11	Sodium carbonate <sup>d</sup>	19.10	17.78	9,550 tt	8,891 tt	7.4	5.4	2.4	1.4
12	13	Nitric acid	15.78	14.20	7,889 tt	7,102 tt	11.1	8.2	2.5	-0.1
13	12	Urea <sup>e</sup>	15.76	14.88	7,878 tt	7,441 tt	5.9	23.4	5.6	2.3
14	15	Ammonium nitrate <sup>f</sup>	14.38	12.83	7,188 tt	6,416 tt	12.0	15.5	2.9	0
15	14	Ethylene dichloride	13.65	13.81	13,652 mp	13,805 mp	-1.1	6.7	3.5	2.2
16	16	Benzene	11.84	11.67	1,608 mg	1,585 mg	1.5	16.4	5.5	0.8
17	18	Ethylbenzene	9.94	9.41	9,936 mp	9,409 mp	5.6	4.3	4.8	1.7
18	20	Terephthalic acid <sup>g</sup>	9.60	8.11	9,604 mp	8,110 mp	18.4	5.5	11.3	4.9
19	17	Carbon dioxide <sup>h</sup>	9.38	9.86	4,691 tt	4,932 tt	-4.9	1.0	3.7	4.0
20	19	Vinyl chloride	9.06	8.23	9,056 mp	8,230 mp	10.0	-2.5	5.7	2.7
21	21	Styrene	8.59	8.09	8,588 mp	8,090 mp	6.2	2.6	4.8	1.8
22	22	Methanol	7.34	7.29	7,343 mp	7,292 mp	0.7	1.2	-1.7	1.3
23	24	Formaldehyde <sup>i</sup>	6.73	6.08	6,730 mp	6,077 mp	10.7	9.5	4.3	0.5
24	23	Toluene <sup>j</sup>	6.47	6.73	892 mg	928 mg	-3.9	51.9	2.7	-1.7
25	25	Xylene	5.93	5.72	824 mg	795 mg	3.6	27.6	2.6	-0.3
26	28	Hydrochloric acid	5.87	4.99	2,933 tt	2,495 tt	17.6	3.4	3.9	0.5
27	27	p-Xylene	5.60	5.15	5,598 mp	5,152 mp	8.7	2.3	6.4	4.8
28	26	Ethylene oxide	5.37	5.62	5,365 mp	5,623 mp	-4.8	3.6	-0.6	0.5
29	29	Ethylene glycol	4.90	4.52	4,899 mp	4,515 mp	8.5	-5.4	2.1	2.3
30	31	Cumene	4.80	4.15	4,800 mp	4,151 mp	15.6	10.8	7.5	3.6
31	32	Methyl tert-butyl ether <sup>k</sup>	4.68	3.37	4,684 mp	3,372 mp	38.9	-0.1	41.0	na
32	30	Ammonium sulfate	4.67	4.37	2,337 tt	2,183 tt	7.1	4.7	3.6	-0.5
33	33	Phenol <sup>l</sup>	3.53	3.24	3,528 mp	3,241 mp	8.9	4.0	6.0	2.8
34	36	Potash <sup>m</sup>	3.35	2.78	1,520 tmt	1,262 tmt	20.4	5.0	1.2	-3.9
35	35	Butadiene <sup>n</sup>	3.19	3.00	3,194 mp	3,002 mp	6.4	15.8	6.3	-1.0
36	34	Acetic acid	3.16	3.23	3,164 mp	3,227 mp	-2.0	18.3	2.4	1.3
37	38	Propylene oxide	3.11	2.61	3,110 mp	2,608 mp	19.2	5.2	10.8	4.3
38	37	Carbon black	2.92	2.72	2,916 mp	2,724 mp	7.0	5.4	3.2	-1.4
39	41	Aluminum sulfate	2.59	2.45	1,297 tt	1,223 tt	6.1	0.1	3.3	3.3
40	39	Acrylonitrile	2.58	2.55	2,576 mp	2,551 mp	1.0	16.9	3.7	3.9
41	40	Vinyl acetate	2.58	2.51	2,561 mp	2,505 mp	2.2	46.5	5.5	4.2
42	42	Cyclohexane	2.32	2.25	2,319 mp	2,250 mp	3.1	8.6	7.0	-0.1
43	43	Acetone	2.29	2.08	2,285 mp	2,082 mp	9.8	7.5	4.2	-1.0
44	44	Titanium dioxide	2.04	1.90	1,021 tt	952 tt	7.2	2.3	6.2	3.8
45	46	Sodium sulfate <sup>o</sup>	1.69	1.61	845 tt	805 tt	5.0	3.9	-0.2	0.4
46	44	Sodium silicate	1.64	1.90	821 tt	952 tt	-13.8	21.1	2.4	-0.1
47	47	Adipic acid	1.59	1.57	1,588 mp	1,572 mp	1.0	3.3	4.4	-0.2
48	49	Isopropyl alcohol	1.42	1.31	1,418 mp	1,313 mp	8.0	0.9	3.2	-2.0
49	48	Calcium chloride <sup>p</sup>	1.31	1.55	657 tt	773 tt	-15.0	-0.9	-5.2	-4.4
50	50	Caprolactam	1.26	1.16	1,261 mp	1,161 mp	8.6	4.7	5.2	3.2
<b>TOTAL ORGANICS</b>			<b>213.79</b>	<b>201.87</b>			<b>5.9%</b>	<b>9.6%</b>	<b>5.2%</b>	<b>2.4%</b>
<b>TOTAL INORGANICS</b>			<b>395.78</b>	<b>364.76</b>			<b>8.5%</b>	<b>4.9%</b>	<b>3.3%</b>	<b>0.8%</b>
<b>GRAND TOTAL</b>			<b>609.55</b>	<b>566.63</b>			<b>7.8%</b>	<b>6.5%</b>	<b>4.0%</b>	<b>1.3%</b>

<sup>a</sup> Revised. <sup>b</sup> t = thousands of tons, bcf = billions of cubic feet, mp = millions of pounds, mg = millions of gallons, tmt = thousands of metric tons. <sup>c</sup> Except refractory dolomite. <sup>d</sup> Natural and synthetic. <sup>e</sup> 100% base. <sup>f</sup> Original solution. <sup>g</sup> Includes both acid and ester without double counting. <sup>h</sup> Liquid and solid only. <sup>i</sup> 137% by weight. <sup>j</sup> All grades. <sup>k</sup> Production data for earlier years unavailable. <sup>l</sup> Synthetic only. <sup>m</sup> K<sub>2</sub>O basis. <sup>n</sup> Rubber grade. <sup>o</sup> High and low purity. <sup>p</sup> Solid and liquid. <sup>na</sup> = not available.

**Tabla 18, Los 50 principales productos químicos fabricados en el mundo**

fuente: Chemical & Engineering News, vol. 67, num. 15, p. 12, 10 de Abril de 1989

## Mercado Nacional

Determinar el tamaño del mercado en México es relativamente sencillo para el caso de productos como el ácido adípico debido a dos situaciones básicas: (1) No existe fabricante nacional y (2) la fracción de importación es específica para el ácido adípico, sus sales y sus ésteres. La fracción arancelaria es la 2917.12.01 y mediante consulta a los registros de importación se puede dimensionar el mercado. En la Figura 22 se detallan las importaciones totales de ácido adípico desde el año de 1990 hasta el año 2000, de donde se concluye que se ha experimentado un crecimiento del 55% durante el mismo período.

El pico y caída en el consumo durante los años 93, 94 y 95 obedece a un ingreso temporal de una aplicación por parte de Celanese Mexicana, que cerró un contrato por 3 años con DuPont para el suministro en exclusiva de ácido adípico. Se trataba de una copolimerización de poliéster con ácido adípico para fabricar una fibra destinada a la confección de alfombras para el mercado de los EUA. Aparentemente Celanese no tuvo mucho éxito, dado que la demanda para esta aplicación fue disminuyendo año con año y el contrato no fue renovado a su término.

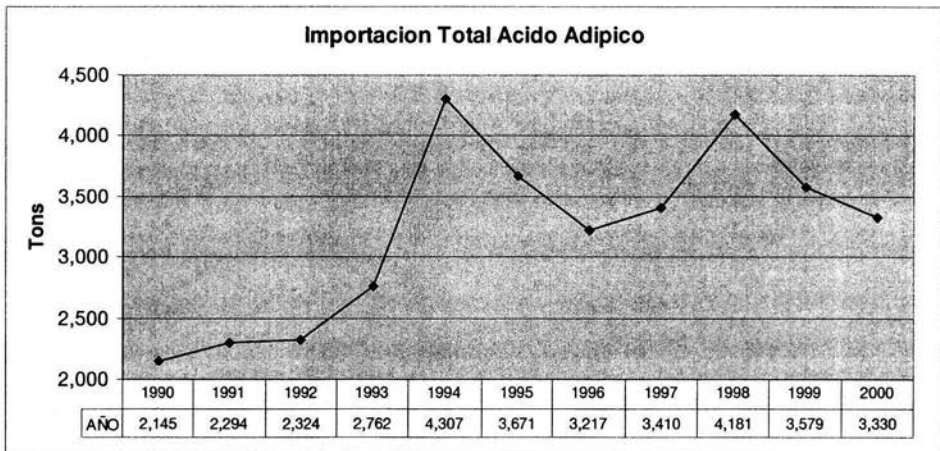


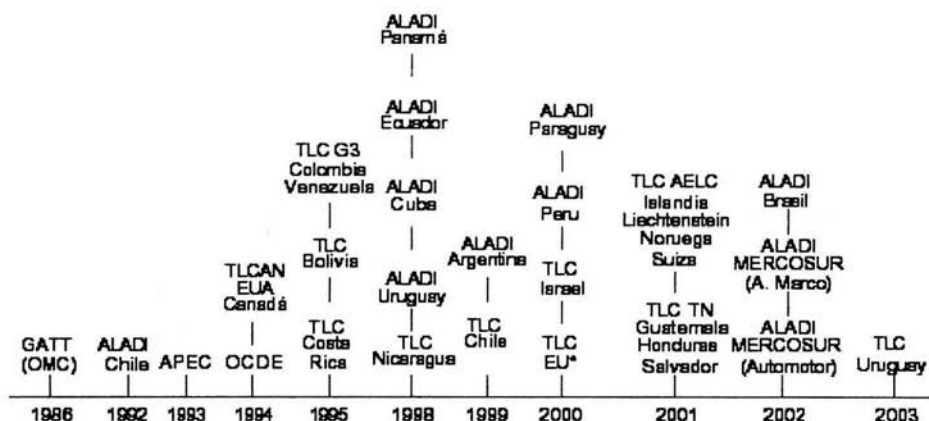
Figura 22, Importaciones históricas totales de México de ácido adípico

fuelle: Atlas de Comercio Exterior México, BANCOMEXT



La caída en el consumo de 1998 al 2000 se explica por la progresiva disminución de las importaciones temporales.

Para comprender el escenario nacional del ácido adípico, también es importante revisar cómo se han comportado los impuestos de importación, dado que México es hoy el país con la más extensa red de Tratados de Libre Comercio (TLC's) en el mundo. México tiene establecidos 11 TLC's con 32 países en tres continentes y diversos bloques comerciales. Estos tratados otorgan beneficios en los impuestos de importación y tienen un impacto directo importante sobre la competitividad de los diferentes fabricantes en el país. La Figura 23 ofrece un cronograma de la firma de TLC's signados por México<sup>60</sup>.



\* UE : Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Suecia

Figura 23, Cronograma de Firma de Tratados de Libre Comercio de México

fuelle: [http://www.economia-snci.gob.mx/sic\\_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#](http://www.economia-snci.gob.mx/sic_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#)

Como se mencionó en la introducción de este trabajo, el horizonte temporal abarca desde el año de 1993 hasta el año 2000, que fue el período durante el cual el autor actuó directamente sobre la estrategia de comercialización del ácido

<sup>60</sup> [http://www.economia-snci.gob.mx/sic\\_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#](http://www.economia-snci.gob.mx/sic_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#)

adípico de Rhodia, por lo que la ventana de análisis es también para esos mismos años.

La firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN o NAFTA por sus siglas en inglés) en el año de 1984 originó, para el caso del ácido adípico, una desgravación progresiva del 1% menos cada año, durante 10 años, hasta llegar a cero en el año 2003. La Tabla 19 muestra un comparativo de los diferentes aranceles aplicados a la tarifa de importación del ácido adípico desde el año 1993 hasta el año 2000.

ARANCEL DE IMPORTACION ACIDO ADIPICO									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	TRATADO
USA	10%	9%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	NAFTA
CANADA	10%	9%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	NAFTA
CEE	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	TLCCEE
BRASIL	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	PAR 4
REST DEL MUNDO	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	TGIE
CHINA	208.81%	208.81%	208.81%	208.81%	208.81%	208.81%	208.81%	208.81%	CUOTA COMPENSATORIA

Tabla 19, Evolución del Impuesto de Importación para la Importación del ácido Adípico.

fuerite: recopilación propia

Los consumidores de ácido adípico en México se pueden dividir en 2 grandes grupos; aquéllas empresas que lo utilizan para fabricar algún otro producto y los grandes distribuidores y fabricantes que lo comercializan. Este tema será abordado más a detalle en el capítulo IV dedicado a la estrategia comercial usada para incrementar la participación de mercado de Rhodia en México.

La globalización de los mercados y la feroz competencia que se desprende de ella hace que las economías de escala jueguen un papel primordial en la competitividad de los productos “*commodity*” industriales (del inglés “*industrial commodity*” ...”producto industrial de consumo”).

Un “*commodity*” industrial se puede definir en términos de sus características de volumen y margen de utilidad. Los márgenes de utilidad de un “*commodity*”

industrial están tan restringidos por factores tan diversos que van desde variaciones en las materias primas hasta la gran disponibilidad que existe por parte de otros fabricantes. Es por esto que los ingresos dependen de la capacidad de los fabricantes de colocar grandes volúmenes de producto para así obtener las ganancias que justifiquen su permanencia en el mercado.

La Figura 24 muestra la dependencia que tiene el precio de los productos “commodity” industriales en relación al tamaño de la planta. Una planta muy pequeña no tendrá la competitividad en precio necesaria y, por el contrario, se llega a un punto en donde el tamaño de la planta ya no impacta de manera significativa en éste. El dimensionamiento de plantas bajo estas consideraciones se analiza cuidadosamente para obtener la máxima competitividad al menor costo de inversión posible.

Los productos “commodity” industriales, aparte de estar sujetos a las economías de escala relativos al tamaño de la planta y la competitividad en precio asociada a ella, son denominados también como productos de baja densidad económica<sup>61</sup>.

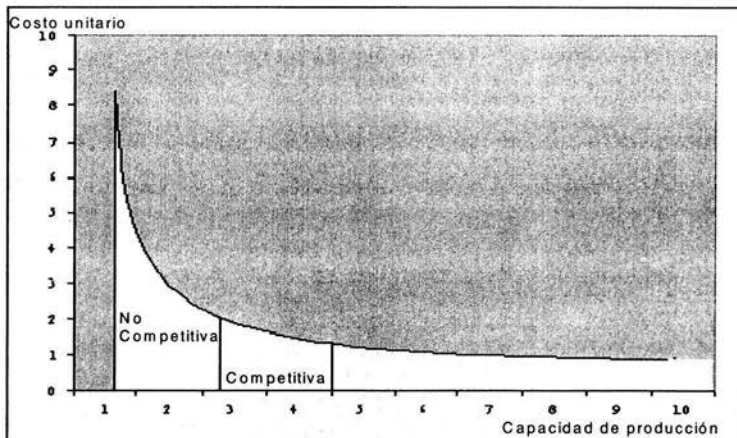


Figura 24, Gráfica de economías de escala

fuente: Cátedra de Administración Industrial del Ing. Eduardo Rojo y de Regil

<sup>61</sup> Cátedra de Administración Industrial del Ing. Eduardo Rojo y de Regil

Esto a diferencia de los productos de “especialidad”, en donde el margen de utilidad no está dado por el volumen, sino por otras características que van desde una alta especialización de productos y procesos de fabricación que llevan al producto a ser fabricado por unos pocos o incluso por un solo fabricante. Esta menor disponibilidad y mayor especialización tiene un impacto directo sobre el precio del producto, dejando de lado el volumen.

El ácido adípico se considera entre la comunidad industrial como un producto “commodity”.

Su fabricación en México fue analizada en un trabajo de Tesis de la Universidad Iberoamericana<sup>62</sup>. En ese trabajo se concluye que no hay justificación económica para invertir en dicho proyecto y *“...radica en el hecho de que la tasa de interés considerada, de un préstamo blando de Nacional Financiera con una tasa del 34%, es sumamente alta para la inversión de capital requerida de 4.05 millones de dólares y para un volumen de ventas de 10,000 tons/año. Una tasa menor, de un máximo de 13%, rendiría al proyecto factible, obteniéndose así una tasa interna de retorno del 18.2%....”*

Pues bien, aún cuando las tasas de interés bancario nacionales han llegado a niveles por debajo del 34%, o que incluso fuera posible obtener un préstamo con 13% o menos de interés, considero que aún así no se justificaría la inversión en una planta de fabricación de ácido adípico en México por diversas razones:

- La demanda en México de ácido adípico es generada únicamente por aplicaciones no nylon, que como ya vimos, no excede las 5,000 tons. por año, y la tasa de crecimiento de este segmento industrial nacional no es muy grande. No se justificaría una planta doméstica de 10,000 tons/año para un mercado doméstico de ese tamaño. Esto a su vez obligaría a salir

---

<sup>62</sup> op. cit, SOLIMAN EL GOHARY DE VALLE, Omar A.

al mercado de exportación altamente competido, donde se presenta el fenómeno contrario de que la planta es muy pequeña y seguramente por lo mismo, su competitividad muy lejos de las marcas impuestas por los grandes jugadores globales.

- No existe polimerización de nylon 6,6 en México. Todos los fabricantes de ácido adípico lo sintetizan, no porque sea un gran negocio, sino porque son a su vez fabricantes de nylon 6,6 en donde los márgenes de utilidad son mayores. Tienen un mercado propio cautivo de ácido adípico (recordemos que el 70% se usa para fabricar nylon 6.6) y solamente mandan al mercado libre no nylon volúmenes que están supeditados al negocio principal, lo que les permite montar estrategias de precio más agresivas.

## CAPITULO IV

### Estrategia de Comercialización del Ácido Adípico en México

Según la definición de Kotler *“La Mercadotecnia es una actividad humana cuya finalidad consiste en satisfacer las necesidades y deseos del ser humano mediante procesos de intercambio”*<sup>63</sup>. Esta definición contiene varios elementos que vale la pena desglosar un poco más a detalle:

#### Necesidades:

El concepto más importante que sustenta la mercadotecnia es el de las necesidades humanas. Una necesidad humana es el estado de privación que siente una persona. Las necesidades humanas son abundantes y complicadas. Incluyen necesidades fisiológicas de alimentación, ropa, calor, seguridad; necesidades sociales de pertenencia, influencia y afecto; y necesidades individuales de conocimiento y expresión de sí mismo. Cuando una necesidad no se satisface, una persona hará una de dos cosas: buscar la satisfacción de la necesidad o extinguir el deseo<sup>64</sup>.

#### Deseos:

Los deseos humanos son la forma que adoptan las necesidades humanas, de acuerdo con la cultura y la personalidad individual. A medida que la sociedad evoluciona, los deseos de sus miembros se amplían. Los deseos se describen en términos de objetos definidos culturalmente que satisfarán la necesidad. Los vendedores suelen confundir los deseos con las necesidades. Por ejemplo, un fabricante de brocas puede pensar que el consumidor necesita esa mercancía, pero lo que el cliente necesita en verdad es un agujero<sup>65</sup>. La “miopía de mercadotecnia” que sufren estos vendedores que pierden de vista las necesidades

---

<sup>63</sup> KOTLER, Philip, *“Mercadotecnia”*, p. 4

<sup>64</sup> idem

<sup>65</sup> ibidem p. 5

implícitas del consumidor, se aborda en el artículo de Theodore Lewit "*Marketing Miopia*"<sup>66</sup>.

#### Productos:

Las necesidades, deseos y demandas del ser humano indican que hay productos que los satisfacen. Un producto es cualquier cosa que se ofrece en un mercado para atención, adquisición, uso o consumo capaces de satisfacer una necesidad o deseo<sup>67</sup>. El concepto de producto no está limitado a objetos físicos. Cualquier cosa capaz de satisfacer una necesidad puede denominarse como producto.

#### Intercambio:

Es el acto de obtener un objeto deseado que pertenece a una persona ofreciéndole a ésta algo a cambio. Es uno de los conceptos centrales de la mercadotecnia. Para que ocurra, deben darse cinco condiciones:

- Hay un mínimo de dos partes
- Cada parte tiene algo que puede tener valor para la otra
- Cada parte es capaz de comunicar y entregar algo
- Cada parte puede aceptar o rechazar la oferta de la otra
- Cada parte cree que es apropiado o deseable tratar con la otra.

Estas cinco condiciones establecen un potencial para el intercambio. La unidad de intercambio son las transacciones. Una transacción consiste en un intercambio de valores entre dos partes.

Cada compañía opera en un ambiente complicado y cambiante. Para que la compañía sobreviva, debe ofrecerle algo de valor a cierto grupo de consumidores en el medio ambiente de éstos. A través del intercambio, recupera los ingresos y los recursos que necesita para sobrevivir. La compañía debe asegurarse de que

---

<sup>66</sup> op. cit, LEWIT, Theodore

<sup>67</sup> KOTLER, Philip, "*Mercadotecnia*", p. 6

su misión corporativa y sus líneas de productos sigan siendo pertinentes para el mercado. Las compañías alertas reexaminarán sus objetivos, estrategias y tácticas periódicamente. Se basarán en la mercadotecnia por considerarla el principal sistema para monitorear el mercado cambiante y adaptarse a él. La mercadotecnia no consiste sencillamente en una actividad publicitaria y de fuerza de ventas, sino que más bien es todo un proceso que permite a la compañía aprovechar las mejores oportunidades del mercado<sup>68</sup>.



Figura 25, El proceso de administración de mercadotecnia

fuentes: KOTLER, Philip, p. 21

<sup>68</sup>KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 30



La Figura 25 muestra las etapas del proceso de administración de la mercadotecnia y sobre estos grandes lineamientos ordenaremos los conceptos de la estrategia propuesta para la comercialización del ácido adípico en México.

### Organización del Proceso de Planeación de Mercadotecnia

Existen muchas formas de planeación, pero desde el punto de vista de las empresas, podemos afirmar que se pueden tener dos tipos de enfoque: (1) Enfoque interno y (2) Enfoque externo. La Figura 26 y la Figura 27 nos muestran algunos ejemplos de planeación con cada enfoque y el nivel de detalle requerido, respectivamente.

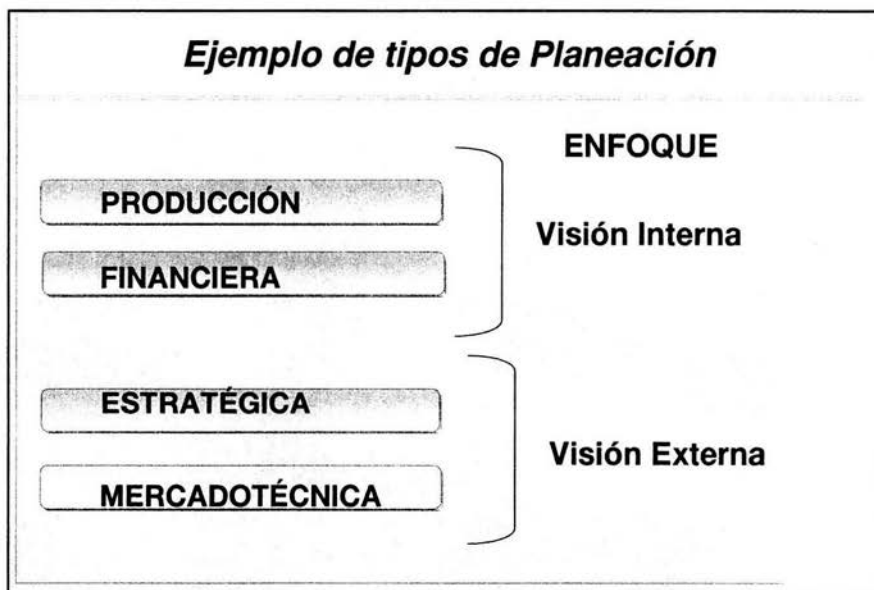


Figura 26, Ejemplo de tipos de planeación

fuelle: recopilación propia

<b>Diferencias entre Planeación de Mercadotecnia y Planeación Estratégica</b>		
<b>MERCADOTECNIA</b>		<b>ESTRATÉGICA</b>
<b>1 año</b>	<b>Marco Temporal</b>	<b>3 a 5 años</b>
<b>Mucho</b>	<b>Nivel de Detalle</b>	<b>Poco</b>
<b>Local</b>	<b>Acción</b>	<b>Global</b>

Figura 27, Diferencias entre planeación estratégica y de mercadotecnia.

fuelle: recopilación propia

La estrategia aquí descrita se originó en 1994 por una solicitud formal de la casa matriz Brasileña de Rhodia para realizar una planeación tanto de mercadotecnia como estratégica para el ácido adípico en México. La razón de que Brasil haya formulado la solicitud obedece a varias circunstancias, algunas de ellas de índole organizacional:

- Rhodia tiene plantas de fabricación de ácido adípico en Francia, Brasil y Korea, pero por situaciones de balance de las plantas y de sus compromisos para suministrar el intermediario a las unidades de nylon 6,6 se determinó que fuera la fábrica sudamericana la que abasteciera al mercado Mexicano.

- Como se detallará más adelante, se presentó una ventana de oportunidad en el impuesto de importación de ácido adípico procedente de Brasil.
- México pertenece al bloque Latinoamérica dentro de la regionalización por bloques mundiales establecido por la empresa, y Brasil el país donde se estableció la supervisión de la región.

El objetivo era muy claro, se trataba de colocar al producto en una posición de participación de mercado congruente con la mundial. En otras palabras, había que detener la pérdida de negocio de años pasados, revertir la tendencia e incrementar la participación de mercado, que en 1994 había alcanzado el mínimo de 7%, hasta llevarla a un punto tal que Rhodia fuera el segundo proveedor de ácido adípico en México.

Para la investigación de mercado, pronóstico de la demanda, tamaño y segmentación de mercado, se buscaron los datos de las estadísticas de importación que son específicas para el ácido adípico, sus sales y sus ésteres. Un ejemplo de la información obtenida se muestra en la Tabla 20.

VALOR Y CANTIDAD POR PAIS DE LAS IMPORTACIONES DE MEXICO DE LA FRACCIÓN 2917.12.01																
DEFINITIVA	1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd
Pais																
USA	1861.7		3138.1		2629.85		1704.5		1667.4		1903.1		2043.8		2227.2	
Brazil	90		194.85		396.246		495.85		898.51		1103.9		980		1060.2	
Alemania	24.758		14.428		22.16		0.911		1.202		0.623		1.427		40.229	
UK	54		20.065				0.023						0.818		1.671	
Francia	192.5		105				150.59		0.025		72.396				0.004	
Italia	60.322		150.35		15		8.75									
China	0.816															
No Declarado			10.348								123.4		1.5			
Japon			0.002				0.28				18.004					
Ukrania					18		115.68				214		526.28			
URSS					18											
Canada							20.339		103.23		38.967		12.815			
TOTAL DEF	2284.1		3633.2		3099.26		2497		2670.4		3474.6		3566.6		3329.3	
TEMPORAL																
Pais	1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd	Tons	usd
USA	478.02		673.62		571.632		720.14		739.14		705.97		12.813		0.462	
TOTAL	2762.1		4306.8		3670.89		3217.1		3409.5		4180.5		3579.4		3329.8	

Tabla 20, Valor y cantidad por país de las importaciones de México de la fracción 2917.12.01

fuelle: Banco Nacional de Comercio Exterior BANCOMEXT, Atlas de Comercio Exterior, Compact Disc

### Ambiente de la Mercadotecnia:

Está formado por los actores y las fuerzas que son externos a la función de administración de mercadotecnia de la compañía, y que influyen sobre la capacidad de la gerencia de mercadotecnia para desarrollar y mantener transacciones exitosas con sus consumidores meta<sup>69</sup>. Kotler habla en su libro de un microambiente y un macroambiente<sup>70</sup> y se detallan en la Figura 28 y en la Figura 30.

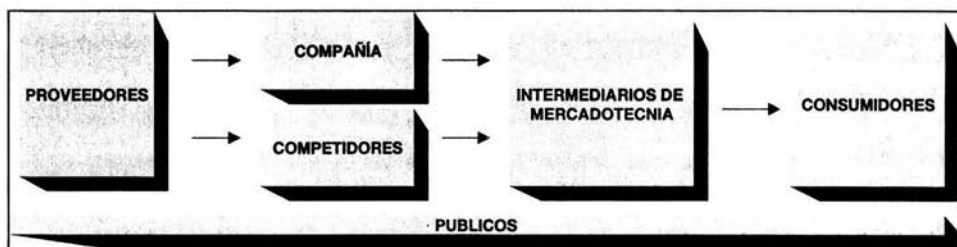


Figura 28, Principales actores en el microambiente de la compañía.

fuelle: KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 121

Se puede afirmar que el microambiente de la empresa existente alrededor de 1993, en relación a los consumidores era el de un total desconocimiento de que Rhodia fabricaba el ácido adípico o, en el mejor de los casos, que lo tenía disponible para su venta en México. No es sorpresa que la participación de mercado de la compañía atravesara por una etapa de pérdida de participación. La razón principal era la ausencia de un plan para el producto.

Los competidores eran principalmente fabricantes de los EUA (DuPont y Solutia), como lo muestra la Figura 29, aunque también había presencia de producto de Alemania (BASF) y de Italia (Radicci). Toda la competencia estaba firmemente

<sup>69</sup> KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 120

<sup>70</sup> op. cit KOTLER, Philip.

establecida tanto con cuentas clave como con sus respectivos canales de distribución.

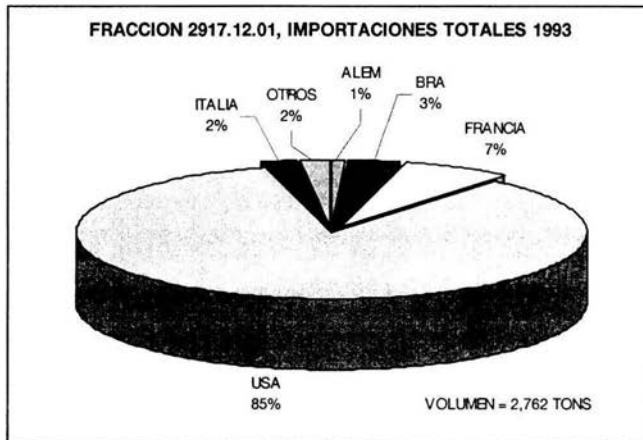


Figura 29, Importaciones totales de ácido adípico en 1993 por país.

fuelle: Banco Nacional de Comercio Exterior BANCOMEX, Atlas de Comercio Exterior, Compact Disc

El caso de DuPont es particularmente importante. Su filial en México tiene una planta de fabricación de pinturas en Tlalnepanlta, Edo. de México. Esta circunstancia hace difícil obtener el detalle de la cantidad de ácido adípico utilizada para la fabricación y la cantidad de producto que era revendida por DuPont al mercado libre mexicano; pero al menos se sabe que existía: (1) El autoconsumo de ácido adípico de DuPont México para su fabricación doméstica de pinturas automotrices, (2) la presencia de Solutia a través de su distribuidor llamado Quimplex y (3) la parte restante que DuPont México colocaba como reventa al mercado nacional.

En relación al macroambiente imperante en la compañía, Figura 30, el efecto de mayor impacto fue de índole económica durante la ventana de análisis de este trabajo, que va del año 1993 al año 2000. Como ya se mostró en la Figura 23, este mismo período se caracterizó por una intensa actividad de México en términos de su apertura comercial a través de la firma de varios tratados de libre comercio.

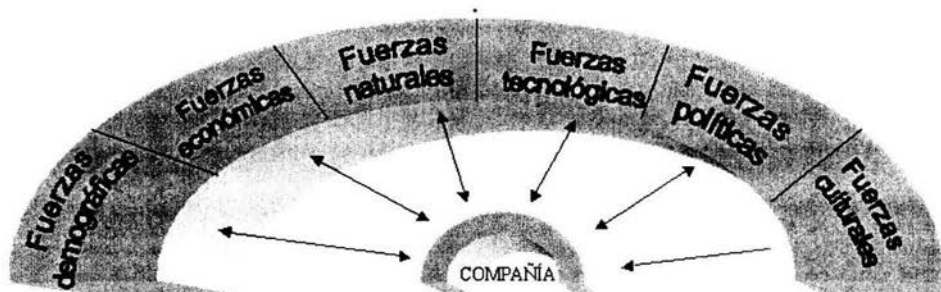


Figura 30, Principales fuerzas en el macroambiente de la compañía

fuelle: KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 127

El 16 de Agosto de 1990 apareció publicado en el Diario Oficial de la Federación el Decreto que otorgaba descuentos al impuesto de importación para un cierto número de tarifas arancelarias, al amparo del Acuerdo Regional para la Recuperación y Expansión del Comercio Intrarregional, el cual se muestra la Figura 31. Este acuerdo le daba una ventaja arancelaria del 60% a la fracción 2917.12.01 (ácido adípico, sus sales y sus ésteres) para producto procedente de Brasil. Es decir, en lugar de pagar el 10% que marca la Tarifa del Impuesto General de Importación (TIGI), el impuesto se reducía al 4%.

Este acuerdo era desconocido por el equipo de logística de la empresa, pero el autor lo identificó durante el proceso de formulación de la estrategia comercial para el ácido adípico y al enfrentarse a la desventaja competitiva contra el producto de origen norteamericano derivado de la reciente firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

Por esta misma experiencia, el autor recomienda a todos los responsables de la comercialización de algún producto, que tomen en sus propias manos la planeación estratégica y de mercadotecnia, ya que generalmente los otros departamentos, tales como el de logística, generalmente se encuentran, en el mejor de los casos, inmovilizados por la saturación de tareas o, peor aún, ciegos a los cambios del entorno comercial por falta de seguimiento, desmotivación o simplemente por limitarse a la rutina diaria de los procesos de importación.

Esta fuerza de índole económica del macroambiente mercadotécnico prevaeciente en la ventana temporal de análisis de este trabajo fue uno de los elementos clave para diseñar la estrategia de precios y utilizarla como el principal motor para impulsar el crecimiento de la participación de mercado.



# DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACION

ORGANO DEL GOBIERNO CONSTITUCIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Tomo CDXLIII  
No. 12

Director  
Lic. Jorge Esquerro L.

México, D.F., Jueves 16  
de Agosto de 1990

## MEXICO HEMEROTECA NACIONAL PODER EJECUTIVO

### Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Oficio-circular por el que se comunican firmas de funcionarios autorizados para suscribir pólizas de fianzas..... 2

### Secretaría de Programación y Presupuesto

Aviso a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en relación al Sistema Simplificado de Registro de Contratistas y Proveedores de la Administración Pública Federal. (Séptima parte, orden alfabético letra T)..... 3

### Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

Decreto por el que se dispone que las mercancías que se importen por las fracciones arancelarias de la Tarifa del Impuesto General de Importación, que se detallan al anexo del Acuerdo Regional para la Recuperación y Expansión del Comercio Intrarregional, se gravarán de conformidad con la preferencia porcentual negociada..... 3

### Departamento del Distrito Federal

Resolución relativa a la solicitud de modificación del Programa Parcial de Desarrollo Urbano de la Delegación Miguel Hidalgo, Versión 1987, promovida por el ciudadano Rafael González Herrera..... 60

Oficio por el que se comunica la disolución del convenio de suplencia que tenían celebrando los Notarios números 9 y 17 del D.F..... 62

### Banco de México

Determinación del tipo de cambio controlado de equilibrio..... 62

Costo Porcentual Promedio de Captación..... 63

Tasas de interés de instrumentos de captación bancaria..... 63

### Convocatorias para Concursos de Obras y Adquisiciones

#### Petróleos Mexicanos

Convocatoria a las personas físicas y morales a participar en la Licitación Pública SGAP-003/90, relativa a la enajenación de los bienes que se indican..... 64

(Sigue en la página 96)

\$ 1,400.00 EJEMPLAR

Figura 31, Acuerdo arancelario con Brasil para la importación de ácido adípico

fuelle: Diario Oficial de la Federación, ejemplar del 16 de Agosto de 1990



El Consejo de Administración de Afianzadora Mexicana, S. A., autoriza para otorgar y suscribir pólizas de fianzas a los anteriores funcionarios en los términos siguientes:

- 1.—Una firma "A" sin límite de importe.
- 2.—Dos firmas "B" sin límite de importe.
- 3.—Una firma "B" hasta 500,000.00
- 4.—Dos firmas "C" hasta 500,000.00

Afianzadora Mexicana, S. A.  
Mauricio Madero O'Brien  
Presidente del Consejo de Administración.  
Rúbrica.

(R.-3545)

## SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO

AVISO a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en relación al Sistema Simplificado de Registro de Contratistas y Proveedores de la Administración Pública Federal. (Séptima parte, orden alfabético letra T).

(Continuación)

\*TABASCO\*

ESTADO: TABASCO	*TABASCO*	
NOMBRE O RAZON SOCIAL	NUMERO DE REG. ANT.	NUMERO DE REG. ACTUAL
PROVEEDORA DE LA CONSTRUCCION SALGADO, S.A.	8562702659	SFP62789015912
PROVEEDORA DE MADERAS DE VILLAHERMOSA, S.A. DE C.V.	8862700051	SFP62789017412
PROVEEDORA DEL GRIJALVA, S. A.	8562700548	SFP62789007700
PROVEEDORA L. A. R. S.A. DE C.V.	8562700436	SFP62789010601
REACTIVOS Y EQUIPOS DEL SURESTE, S.A. DE C.V.	8562702754	SFP62789010312
REFACCIONES Y PODADORAS DE TAB. S. DE R.L. DE C.V.	8862700002	SFP62789023503
REFACCIONES Y TALLERES ESCOBAR, S.A. DE C.V.	8962700144	SFP62789008205
REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO LARA, S.A.	8662700438	SFP62789014108
REFRIGERACION, ELECTRICIDAD Y REP. DE VILLAHERMOSA, S.A. C.V.	8762700085	SFP62789013112
RELACIONES COMERCIALES INTERNACIONALES, S.A. DE C.V.	8962700073	SFP62789017601
REYES BENTENO ROBERTO "FIJACIONES DE TABASCO"	8562701097	SFP62789026808

(Continuará)

## SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

DECRETO por el que se dispone que las mercancías que se importen por las fracciones arancelarias de la Tarifa del Impuesto General de Importación, que se detallan al amparo del Acuerdo Regional para la Recuperación y Expansión del Comercio Intrarregional, se gravarán de conformidad con la preferencia porcentual negociada.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidencia de la República.

CARLOS SALINAS DE GORTARI, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que confiere al Ejecutivo Federal la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 1o. fracción I y 2o. fracción I de la Ley Reglamentaria del artículo 131 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en Materia de Comercio Exterior, a fin de dar cumplimiento a las negociaciones celebradas conforme al tratado de Montevideo 1980 y atento a lo dispuesto por el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, he tenido a bien expedir el siguiente

### DECRETO

ARTICULO PRIMERO.—Las mercancías que se importen por las fracciones arancelarias de la Tarifa del Impuesto General de Importación, que se detallan en los siguientes tres Apartados, al amparo del Acuerdo Regional para la Recuperación y Expansión del Comercio Intrarregional, se gravarán de conformidad con la preferencia porcentual negociada, la cual se calculará de acuerdo con el procedimiento señalado en el ARTICULO SEGUNDO de este Decreto, según se establece en esos Apartados:

1.—A las mercancías que se importen por las fracciones arancelarias que se detallan en este Apartado, al amparo del Acuerdo citado, cuando sean originarias y procedentes de las Repúblicas de Argentina, Bolivia, Federativa del Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Oriental del Uruguay o Venezuela, se les aplicará una preferencia porcentual de acuerdo a la siguiente tabla:

Cuando provengan y sean originarias de las:	PREFERENCIA %
Repúblicas de Argentina o	

Federativa del Brasil.....	60
Repúblicas de Colombia, Chile, Perú, Oriental del Uruguay, o Venezuela.....	70
República de Ecuador.....	80
Repúblicas de Bolivia o Paraguay.....	90
0104.10.02	Para abasto.
0105.99.99	Los demás.
0106.00.99	Los demás.
0206.30.01	Pieles de cerdo enteras o en recortes, refrigerados, excepto el cuero precocido en trozos ("pellets").
0206.30.99	Los demás.
0206.41.01	Hígados.
0206.49.01	Pieles de cerdo enteras o en recortes, excepto el cuero precocido en trozos ("pellets").
0206.49.99	Los demás.
0206.80.01	Los demás frescos o refrigerados.
0206.90.01	Los demás, congelados.
0210.19.99	Los demás.
0502.10.01	Cerdas de jabalí o de cerdo y sus desperdicios.
0502.90.99	Los demás.
0503.00.01	Crin y sus desperdicios, incluso en capas con soporte o sin él.
0504.00.01	Tripas, vejigas y estómagos de animales, excepto los de pescado, enteros o en trozos.
0505.10.01	Plumas de las utilizadas para relleno; plumón.
0505.90.99	Los demás.
0506.10.01	Oseña y huesos acidulados.
0506.90.99	Los demás.
0507.90.99	Los demás.
0508.00.99	Los demás.
0511.91.99	Los demás.
0511.99.01	Cochinillas (Grana Kermes), enteras o en polvo.
0511.99.99	Los demás.
0601.10.01	Bulbos de gladiolas.
0601.20.02	Rafes de achicoria.
0601.20.99	Los demás.
0604.10.01	Musgo formado por desechos vegetales para el enraizamiento, denominado "Peat-moss".
0713.40.01	Lentejas.
0906.10.01	Sin triturar ni pulverizar.
0906.20.01	Triturados o pulverizados.
0907.00.01	Clavo (frutos, clavillos y pedúnculos).
1002.00.01	Centeno.
1207.50.01	Semilla de mostaza.
1210.10.01	Conos de lúpulo sin quebrantar ni moler ni en "pellets".
1210.20.01	Conos de lúpulo quebrantados molidos o en "pellets"; lupulino.
1211.90.99	Los demás.
1214.90.01	Alfalfa.
1301.20.01	Cruda.
1301.90.99	Los demás.
1302.12.01	Extractos.
1302.13.01	De lúpulo.
1302.14.01	De pelitre (piretro).
1302.19.03	De Ginko-Biloba.
1302.19.04	De haba Tonka.
1302.19.06	De Pygeum Africanum (Prunus Africana).
1302.19.07	Podofilina.
1302.19.08	Maná.
1302.19.10	De cáscara de nuez de cajú, en bruto.
1302.20.99	Los demás.
1302.32.02	Goma guar.
1302.32.99	Los demás.
1302.39.99	Los demás.
1404.10.99	Los demás.

Figura 31 (continúa), fuente: Diario Oficial de la Federación, ejemplar del 16 de Agosto de 1990

2915.90.10	Acido nonanóico o isononanóico.
2915.90.11	Sal sódica del ácido 2-propilpentanóico (Valproato de sodio).
2916.13.01	Acido metacrílico y sus sales. Unicamente: Acido metacrílico.
2916.14.02	Metacrilato de etilo o butilo.
2916.14.03	Metacrilato de 2-hidroxipropilo.
2916.19.01	Acido sórbico.
2916.19.02	Acido crotónico.
2916.19.03	Acido undecilénico y su sal de sodio. Unicamente: Acido undecilénico.
2916.20.02	Acetato de dicitlopentadienilo.
2916.32.02	Cloruro de benzoilo.
2916.39.01	Acido p-terbutilbenzoico.
2917.11.01	Acido oxálico, sus sales y sus ésteres, excepto lo comprendido en la fracción 2917.11.02. Unicamente: Acido oxálico.
2917.12.01	Acido adípico, sus sales y sus ésteres. Unicamente: Acido adípico.
2917.13.01	Acido sebásico y sus sales.
2917.13.02	Acido aceláico (Acido 1,7-heptadecarboxílico).
2917.19.03	Acido succínico o su anhídrido.
2917.19.05	Acido itacónico.
2917.19.07	Malonato o n-butilmalonato de dietilo.
2917.20.01	Acido clorhídrico.
2917.39.01	Sal sódica del sulfoisofalato de dimetilo.
2917.39.05	Acido isoftálico.
2918.11.01	Acido láctico, sus sales y sus ésteres.
2918.13.03	Tartrato de potasio y antimonio.
2918.15.02	Citrato férrico amónico.
2918.17.01	Mandelato de 3,3,5-trimetilciclohexilo.
2918.19.01	Acido glicólico.
2918.19.02	Acido 12-hidroxiestearico.
2918.19.03	Acido desoxicólico, sus sales de sodio o magnesio o ácido quenodesoxicólico. Unicamente: Desoxicolato de sodio.
2918.19.05	Glucoheptonato de calcio.
2918.19.07	Acetil citrato de tributilo.
2918.19.08	Pamoato disódico monohidratado.
2918.19.10	3-(3,5-di-ter-Butil-4-hidroxiifenil) propionato de octadecilo.
2918.19.13	Acido gálico o galato de propilo. Unicamente: Galato de propilo.
2918.19.14	Tetrakis (3-(3,5-Di-ter-butil-4-hidroxiifenil) propionato) pentaeritritol.
2918.23.02	Salicilato de fenilo u homomentilo.
2918.29.02	Acido p-hidroxibenzóico.
2918.29.03	Acido 3-naftol-2-carboxílico.
2918.30.01	Acido dehidrocólico.
2918.30.03	Acetoacetato de etilo o metilo. Unicamente: Acetoacetato de etilo.
2918.90.05	p-Clorofenoxiisobutirato de etilo.
2918.90.06	Glucono-galacto-gluconato de calcio.
2918.90.12	Glicidato de etil metil fenilo.
2918.90.15	21-Acetato de 9 beta, 11 beta-epoxi-6-alfa fluoruro-16 alfa, 17 alfa, 21-trihidroxipregna-1,4-dien-3,20-diona-16,17-acetonido.
2918.90.19	Lactogluconato de calcio.
2918.90.20	Dehidrocolato de sodio.
2918.90.99	Los demás. Unicamente: Bromolactobionato de calcio.
2919.00.01	Glicerofosfato de calcio, sodio, magnesio, manganeso o hierro. Unicamente: Glicerofosfato de calcio, sodio y magnesio.
2919.00.04	Fosfato de tributilo, de trietilo o de trioctilo. Unicamente: Fosfato de tributilo.
2919.00.05	Sal tetrasódica del difosfato de menadiol.
2919.00.06	Fosfato de tributoxietilo.
2919.00.08	Inosito-hexafosfato de calcio y maanesio.

Figura 31 (continúa), fuente: Diario Oficial de la Federación, ejemplar del 16 de Agosto de 1990

9108.12.01	Módulos compuestos por: carátula indicadora (display) o cristal líquido a base de tiempo controlado a cristal y circuito integrado, para relojes electrónicos.
9108.12.99	Los demás.
9108.20.01	Automáticos.
9108.91.01	Que midan 33.8 mm. o menos.
9108.99.99	Los demás.
9405.91.02	Bombillas de borosilicato, para lámparas o linternas de combustible líquido o gaseoso.
9503.90.03	Motores, excepto eléctricos reconocibles como concebidos exclusivamente para montarse en juguetes o en modelos, reducidos.
9705.00.01	Colecciones geológicas o de historia natural y ejemplares para las mismas.

ARTICULO SEGUNDO.—Para calcular la cuota ad-valorem que deberá aplicarse en cada operación de importación de los productos citados en el ARTICULO PRIMERO de este Decreto, se procederá de la siguiente manera: Deberá restarse de 100 la preferencia porcentual establecida en dicho ARTICULO, la diferencia se multiplicará por el arancel vigente establecido en la Tarifa del Impuesto General de Importación y este nuevo resultado se dividirá entre 100.

#### TRANSITORIO

ARTICULO UNICO.—El presente Decreto entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Las preferencias porcentuales a que se refiere este Decreto, podrán aplicarse a las importaciones que se hubiesen efectuado entre el primero de enero de mil novecientos ochenta y nueve y la entrada en vigor de este Decreto.

Dado en la Residencia del Poder Ejecutivo Federal, en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los nueve días del mes de agosto de mil novecientos noventa.- Carlos Salinas de Gortari.- Rúbrica.- El Secretario de Hacienda y Crédito Público, Pedro Aspe.- Rúbrica.- El Secretario de Comercio y Fomento Industrial, Jaime Serra Puche.- Rúbrica.

Figura 31 (continúa), fuente: Diario Oficial de la Federación, ejemplar del 16 de Agosto de 1990

### Selección de Mercados Meta:

La medición de la demanda de ácido adípico en México se mostró ya desde la Figura 10, en donde se mencionó que el mercado había crecido en un 55% desde el año de 1990 hasta el año 2000, y si se realiza una regresión lineal, ahí mismo se puede calcular la pendiente de la recta, que equivale al crecimiento anual promedio de entre 0.7% a 1.0%.

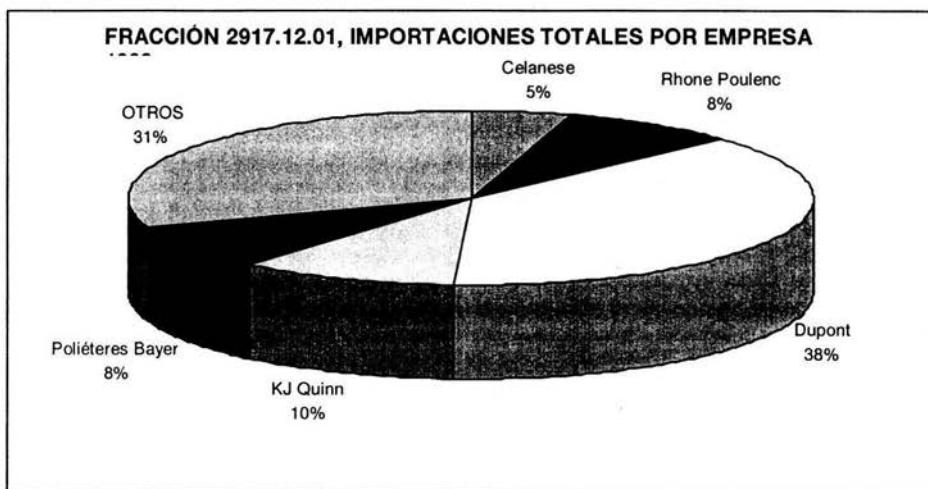


Figura 32, Importaciones totales por empresa de ácido adípico en 1993

fuelle: investigación directa

Mediante entrevistas directas y recopilación propia, en la medida de lo posible, se logró segmentar el mercado en relación a las principales empresas importadoras, no distribuidoras sino usuarias del ácido adípico, como se muestra en la Figura 32. De esta forma, se concluyó que había que obtener como clientes a Bayer y KJ Quinn, ya que solamente estas dos empresas representaban el 18% del mercado y cualquier contrato de venta cerrado con ellos modificaría rápidamente la participación de Rhodia.

Además se identificó una buena parte del mercado muy atomizado, mostrado por el segmento "OTROS" con un valor del 31%. En este segmento se encontraban

los distribuidores que importaban el producto y lo revendían a empresas que lo utilizaban en bajos volúmenes, que no tienen la estructura organizacional para importar por ellos mismos o que simplemente estaban dispuestos a pagar por el servicio y no realizar ellos mismos el proceso de importación. Esta circunstancia llevó a la necesidad de seleccionar un distribuidor para Rhodia y también tener acceso a esa porción de mercado integrado por gran cantidad de clientes pero con un volumen bajo de compra.

En la Figura 33 se muestra la diapositiva original que se le mostró al Supervisor Regional de América Latina en Febrero de 1996, cuando la estrategia ya tenía 2 años en marcha. Para entenderla mejor, es necesario discernir entre la llamada "venta indent" y "refacturación local".

**ADIPIC ACID**  
ONGOING MKT STRATEGY

- ☐ House accounts to accomplish local re invoicing bdg.
- ☐ Developing of a Macro Distributor (ADYDSA) with nation-wide presence to get customers who need added value service.
- ☐ DEVELOP LOYAL INDENT CUSTOMERS
  - \* Celanese (Aprox. 45% total mkt)
  - \* Bayer (Aprox. 8% total mkt)
  - \* KJ Quinn (Aprox. 10% total mkt)
  - \* Etc.
- ☐ DEVELOP MORE FOOD INGREDIENTS APPLICATIONS

FEB.96


 **RHÔNE-POULENC**

Figura 33, Los 4 puntos de la estrategia de comercialización para el ácido adípico

fuelle: recopilación propia

El proceso de venta mediante refacturación local consiste en que la filial en México compra el producto directamente de la casa matriz, se responsabiliza de todo el proceso de logística, desde su importación hasta el almacenamiento, para finalmente revender el producto mediante una factura nacional.

Por el contrario, el proceso de la venta indent consiste en que la filial realiza toda la promoción de venta de manera doméstica hasta acordar el precio, pero solamente como responsable de colocar el producto en frontera, a partir de donde el cliente es responsable por su importación e internación al país.

Una vez segmentados los clientes en términos del volumen utilizado de ácido adípico para transformarlo en otros productos y en términos de su preferencia y mecanismo de compra, la estrategia se fundó en 4 grandes directrices:

1. Se definió el concepto de “cliente de la casa”. Este tipo de clientes debería ser atendido directamente por la empresa fabricante y no por su distribuidor, independientemente de su volumen. Se trataba de empresas globales, algunas de las cuales ya se les vendía producto en otros países, inclusive a través de contratos globales de suministro o que por sus características de aplicación se determinó como estratégico el trato directo con el fabricante. Estas empresas podrían adquirir el producto por importación directa o a través del inventario importado por Rhodia para este mismo propósito.
2. Se seleccionó un distribuidor para tener acceso al segmento de clientes atomizados, dispersos en territorio nacional, de bajo volumen y que no podían o no querían realizar la importación por ellos mismos.
3. Se realizaría un esfuerzo muy concentrado de promoción de venta en 3 potenciales clientes, (1) Poliéteres Bayer, (2) KJ Quinn y (3) Celanese Tanto Bayer como KJ Quinn eran empresas que, además del gran

volumen de producto importado, tienen una infraestructura organizacional lo suficientemente grande como para contar con su propio departamento de logística. Estos dos clientes junto con Celanese, fueron foco de una fuerte promoción comercial por parte del autor. Pero como ya se dijo también, al final de cuentas se terminó por descartar a Celanese, dado que se trató de un contrato exclusivo y que nunca se renovó.

4. También se realizaría una actividad importante de promoción de venta en las aplicaciones del ácido adípico como aditivo para alimentos.

#### **Desarrollo de la Mezcla de Mercadotecnia:**

Una vez que la compañía ha decidido su estrategia de posicionamiento, está lista para comenzar a planear los detalles de la mezcla de mercadotecnia. La mezcla de mercadotecnia es uno de los conceptos principales de la mercadotecnia moderna. Su definición es la siguiente:

*“La mezcla de mercadotecnia es el conjunto de variables controlables de la mercadotecnia que la firma combina para provocar la respuesta que quiere en el mercado meta”*

La mezcla de mercadotecnia se compone de todo aquello que una compañía puede hacer para influir sobre la demanda de su producto. Las numerosas posibilidades pueden reunirse en cuatro grupos de variables que se conocen como las “cuatro P”: *producto, precio, plaza y promoción*<sup>71</sup>. Véase la Figura 34 que muestra las principales variables que se pueden agrupar bajo cada P.

---

<sup>71</sup> KOTLER, Philip, “*Mercadotecnia*”, p. 42





Figura 34, La mezcla de mercadotecnia.

fuelle: KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 42

### Producto:

Rhodia, como fabricante de nylon 6,6, contaba con un producto con las características de calidad, disponibilidad, prestigio de marca, garantías y opciones de empaque necesarias para competir también en el mercado nacional de aplicaciones no nylon. En términos de un producto industrial "commodity", como lo es el ácido adípico, estos atributos son solamente el pase de entrada al estadio, pero no eran suficientes para participar en el juego. Había que desarrollar las estrategias de promoción pero, sobre todo, de precio y plaza.

### Promoción:

En los productos "commodity" industriales, la promoción masiva a través de la publicidad no tiene el mismo efecto que en los mercados de consumo. Es por esto que las industrias prefieren, en mayor medida, una publicidad muy concentrada a través anuncios dentro de revistas especializadas o mediante la presencia de

kioscos en las ferias comerciales de segmentos de mercado específicos. Sin embargo, aún estos mecanismos requieren de importantes presupuestos de gastos.

La promoción por excelencia en los mercados industriales, es a través de los representantes de ventas, que se encargan de las actividades mediante las cuales se comunican los méritos del producto y se persuade a los clientes meta para que lo compren.

Si el lector desea profundizar en las diferencias de gestión entre mercados de índole industrial en comparación contra mercados de consumo, le refiero a la consulta del capítulo 1 del libro *Industrial Marketing*, de Reeder, Brierty y Reeder<sup>72</sup>.

Como resultado de la selección del mercado meta, posicionamiento y segmentación de mercado, en esta estrategia en particular, se optó por una promoción directa a través de representantes de venta.

#### **Plaza:**

Sería inusual si un fabricante no se preguntara, en algún cierto momento de la formulación de su estrategia comercial, si utilizar un distribuidor o no, particularmente cuando se debate internamente en decisiones estratégicas en cuanto a rentabilidad, crecimiento, competencia y participación de mercado.

En relación a la rentabilidad, los fabricantes a menudo tienden a considerar a los distribuidores como generadores de costo más que como un factor que contribuya al incremento de las utilidades. Después de todo, un distribuidor tomará una parte del margen de utilidad total del producto a cambio de sus servicios, lo que significa que el fabricante tendrá que vender a un precio menor que el que podría aplicar si vendiese directamente al mercado. Además, la experiencia general habla de que

---

<sup>72</sup> op. cit Reeder, Brierty y Reeder

el distribuidor está interesado solamente en los mercados que el fabricante ya ha desarrollado, de manera que no hacen esfuerzos extras para desarrollar nuevos mercados o nuevas aplicaciones. Pero la peor situación tiene que ver con la participación de mercado y la competencia; los distribuidores no solamente venden productos complementarios, sino también productos idénticos de fabricantes competidores<sup>73</sup>.

Dejaremos al lector profundizar en estas cuestiones refiriéndolo al capítulo 11 del libro "*Industrial Marketing*" de REEDER<sup>74</sup>, que abunda sobre las ventajas y aspectos críticos del trabajo con distribuidores.

La experiencia personal del autor en relación a los distribuidores, habla de la necesidad de tenerlos, apoyado en un principio práctico que dice que las organizaciones no lo pueden ser todo para todos sus clientes. Necesariamente destacarán en algunas cosas y lo harán menos en otras. Para el caso de empresas fabricantes, su principal foco es el producto y, generalmente, no son tan buenas en la logística y distribución física de sus productos, no al menos en mercados muy atomizados y dispersos. En esta misma razón reside una de las principales fortalezas de las empresas dedicadas a la distribución. Como ejemplo, las grandes compañías de distribución global difícilmente se les encuentra como fabricantes de algún producto.

La selección de un buen distribuidor aparece entonces como la llave para una diferenciación en el servicio al cliente, en donde el fabricante tramitará directamente a los clientes que le son atractivos y estratégicos y delegando al distribuidor la venta a esos otros clientes, que no por ser pequeños y dispersos, dejan de ser atractivos y promotores del crecimiento de la participación de mercado.

---

<sup>73</sup> REEDER, Robert R., BRIERTY, Edward G., REEDER, Betty H., *Industrial Marketing*, p. 286

<sup>74</sup> op. cit REEDER, Robert R., BRIERTY, Edward G., REEDER, Betty H

A continuación, se sugieren algunas cuestiones a evaluar durante el proceso de selección del distribuidor, que en buena medida pueden garantizar una buena sociedad entre el fabricante y éste:

- Sostener un inventario suficiente para atender al cliente.
- Asumir un riesgo crediticio mayor al trabajar con pequeños clientes.
- De preferencia contar más con líneas de productos complementarios.
- De preferencia, contar con menos, o ninguna línea de productos que compitan directamente con el producto.
- Contar con una presencia nacional importante, a través de sucursales y representantes revendedores.
- Contar con un prestigio de seriedad, eficiencia y buen costo.
- Contar con equipo de transporte propio.
- Tener cierta especialización dentro del mercado o segmentos de interés para el fabricante.
- Tener un empuje importante hacia el desarrollo de nuevos clientes, mercados y aplicaciones, es decir, innovativo.
- Aceptar mostrar al fabricante sus registros de ventas con fines de monitoreo y evaluación de la participación del mercado de su producto.
- Tener un número de vendedores suficiente para la cobertura del territorio.
- Tener la capacidad de importar directamente el producto.
- Tener una buena solidez financiera.

Sin embargo, se considera como lo más importante, el que la empresa distribuidora esté dispuesta a establecer una sociedad muy próxima con su fabricante y acepte y respete la estrategia de mercadeo que el fabricante le ha planteado. En este caso en particular, el punto de la estrategia relativo a los clientes de la casa, era una condición no negociable.

Lo último que se deseaba era que un mismo cliente fuese abordado al mismo tiempo por el fabricante y su distribuidor para ofrecer el mismo producto con la consecuente degradación de la imagen y la innecesaria competencia generada.

Todos estos aspectos, y algunos otros más, pueden colocarse en una matriz muy simple como la Tabla 21, en donde se listan por renglón los candidatos a la distribución y por columna los atributos deseables. La decisión debería inclinarse entonces por aquella organización que obtenga la mayor cantidad de atributos favorables y el menor número de atributos desfavorables.

A la pregunta de cuántos distribuidores es bueno tener, no se le puede responder de una forma sencilla. Los fabricantes que operan en los mercados industriales, a menudo permiten que el tamaño y dispersión de un determinado mercado geográfico determinen ese número. Si un distribuidor claramente sostiene un liderazgo dominante, el otorgarle una distribución exclusiva sería una decisión lógica. El problema es que la mayoría de las veces estas empresas ya trabajan con producto de la competencia. Por el contrario, en mercados muy amplios, la distribución a través de múltiples empresas es una estrategia común<sup>75</sup>.

Desde el punto de vista del autor, se trata de obtener un balance entre un gran avión bombardero, capaz de abarcar un amplio territorio de manera eficiente, o mejor disponer de varios aviones caza, de menor tamaño al del bombardero, pero más dinámicos y con menor cobertura.

El aspecto crítico en ambos casos, es que el fabricante debe plantear al, o a los distribuidores, una política de distribución clara, que detalle todas las condiciones para una operación comercial beneficiosa para todos los involucrados. Uno de los temas más delicados de las políticas de distribución, sobre todo cuando se cuenta

---

<sup>75</sup> REEDER, Robert R., BRIERTY, Edward G., REEDER, Betty H., *Industrial Marketing*, p. 298

con más de uno, es la política de precios y el territorio de acción de cada uno de ellos.

La regla de oro es la de evitar que un mismo cliente pueda ser prospectado o servido por varios distribuidores, ya que esto generará una degradación en los precios que a nadie conviene. Esto aparenta mucha sencillez, pero si el fabricante no ha realizado una segmentación bien fundamentada del mercado, puede convertirse en un gran dolor de cabeza y atentar contra el éxito mismo buscado por la estrategia de distribución.

PROSPECTO	ATRIBUTO FAVORABLE 1	ATRIBUTO FAVORABLE 2	ATRIBUTO DESFAVORABLE 1	ATRIBUTO DESFAVORABLE 2
Compañía 1				
Compañía 2				
Compañía 3				

Tabla 21, Selección de la mejor opción a Distribuidor:

fuelle: recopilación propia

El autor consideró que había que seleccionar un único distribuidor, dadas las condiciones del mercado mexicano, el tamaño de su territorio, al hecho de que el mercado mexicano del ácido adípico está constituido solamente por aplicaciones no nylon y, sobre todo, a las características del ácido adípico que además de tratarse de un *“commodity”* industrial se encuentra en su etapa de madurez en términos de su ciclo de vida. El distribuidor seleccionado se menciona en la Figura 33.

**Precio:**

Denota la cantidad de dinero que los clientes tienen que pagar para obtener el producto. El precio deberá corresponder con el valor percibido de la oferta, o de otra forma los consumidores comprarán los productos de la competencia<sup>76</sup>.

<sup>76</sup> KOTLER, Philip, *“Mercadotecnia”*, p. 42

En las decisiones de fijación de precios de la compañía influye cierto número de factores internos de la firma y consideraciones ambientales externas. Estos factores pueden verse en la Figura 35. Antes de establecer el precio, la compañía debe establecer el objetivo que persigue con el producto en particular. Si la firma ha seleccionado cuidadosamente su mercado meta y su posicionamiento en éste, entonces su estrategia de mezcla de mercadotecnia, incluyendo el precio, será bastante directa<sup>77</sup>.



Figura 35, Factores que afectan las decisiones sobre el precio

fuelle: KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 355

Los principales factores considerados para determinar la estrategia de precios para el ácido adípico en México fueron externos y relativos a la naturaleza del mercado, relativos a la naturaleza de la demanda y relativos a la naturaleza de la competencia.

El ácido adípico es un producto que se encuentra en su etapa de madurez en relación a su ciclo de vida y Rhodia ocupa, a nivel competitivo una segunda posición global como seguidor a distancia del líder, DuPont.

Ciclo de vida del producto:

El ciclo típico de la vida de un producto generalmente puede representarse en forma de "S", como se muestra en la Figura 36 y se caracteriza por 4 etapas distintivas<sup>78</sup>:

<sup>77</sup> KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 355

<sup>78</sup> *ibid.*, p. 338

- I. ETAPA I, la *introducción*, es un período de crecimiento lento de las ventas a medida que se introduce el producto en el mercado. Las utilidades son inexistentes en esta etapa debido a los grandes gastos de lanzamiento del producto.
- II. ETAPA C, el *crecimiento*, es un período de aceptación rápida del mercado y de utilidades crecientes.
- III. ETAPA M, la *madurez*, es un período de disminución en el crecimiento de las ventas debido a que el producto ha logrado ser aceptado por la mayoría de los compradores potenciales. Las utilidades se estabilizan o disminuyen debido a una elevación de los gastos de mercadotecnia necesarios para defender al producto de la competencia.
- IV. ETAPA D, la *declinación*, es el período cuando las ventas muestran un fuerte deterioro y en que merman mucho las ganancias.

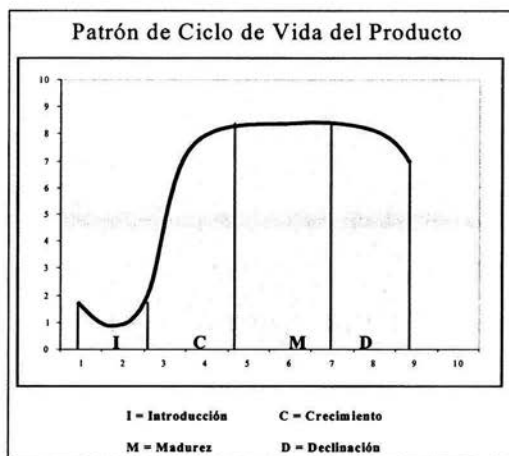


Figura 36, Patrón del ciclo de vida del producto

fuelle: KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 338



Como ya se dijo, el ácido adípico en el mercado global, se encuentra en su etapa de madurez. Esta etapa se caracteriza por la disminución en la tasa de crecimiento de las ventas, creada por la sobrecapacidad en la industria. Esta sobrecapacidad da lugar a una competencia intensificada. Los competidores recurren con mayor frecuencia a rebajas y descuentos en el precio. Acrecientan su publicidad, sus intercambios mercantiles y sus transacciones con los consumidores. Aumentan sus presupuestos de investigación y desarrollo para encontrar mejores versiones del producto o nuevas aplicaciones. Estos pasos significan cierta erosión de las utilidades. Algunos de los competidores más débiles comienzan a darse por vencidos. La industria estará formada eventualmente por fabricantes bien atrincherados cuyo impulso fundamental es lograr una ventaja competitiva<sup>79</sup>.

### **Administración del Esfuerzo de Mercadotecnia:**

#### **Estrategias Competitivas:**

Las compañías, las divisiones de una empresa o los productos se pueden clasificar por su comportamiento en una industria: liderazgo, desafío, seguidores o nichos<sup>80</sup>.

La mayoría de las industrias tienen una firma que está reconocida como líder del mercado, en este caso, DuPont. Esta compañía tiene la porción más grande en términos de su participación global. Usualmente encabeza a las otras firmas en cambios de precio, introducciones de nuevas aplicaciones, cobertura de distribución e intensidad promocional. Independientemente de que al líder se le admire o respete, otras firmas reconocen su predominio. El líder es un punto de orientación para los competidores, una compañía a desafiar, imitar o evitar<sup>81</sup>.

---

<sup>79</sup> KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p. 342

<sup>80</sup> *ibid.* p. 561

<sup>81</sup> *ibid.* p. 563

Las firmas como Rhodia, que son las segundas, terceras o las más bajas en una industria son a veces bastante grandes, como lo es el caso. Estas empresas pueden adoptar una de dos estrategias competitivas. Pueden atacar al líder y a otros competidores en una postura agresiva por una mayor porción de mercado (retadores de mercado), o bien, pueden coexistir con los competidores y no mover el barco (seguidores de mercado)<sup>82</sup>.

No todas las compañías sublíderes retarán al líder de mercado. El líder nunca se toma a la ligera el esfuerzo de la competencia por quitarle clientes. Si el cebo del retador es precios más bajos, mejor servicio o características adicionales del producto, el líder puede igualar éstos rápidamente para esfumar el ataque. El líder probablemente tiene más poder para permanecer en una batalla campal de precios. Una dura pelea podría dejar a ambas firmas en peores condiciones que al inicio de ésta, lo que significa que el retador debe pensar dos veces antes de iniciar una estrategia retadora. Salvo que el retador pueda contar con acciones preventivas (en la forma de una innovación substancial del producto, un avance en la distribución o una nueva y patentada aplicación), a menudo prefiere seguir más que atacar al líder<sup>83</sup>.

Estos patrones de *"paralelismo consciente"* son comunes en las industrias de producto homogéneo y capital intensivo, como la industria siderúrgica, de los fertilizantes y la industria química<sup>84</sup>. Las oportunidades para diferenciación de producto y de imagen son bajas, la calidad del servicio es a menudo comparable; la sensibilidad al precio es elevada.

Las guerras de precio pueden comenzar en cualquier momento. En estas industrias se evitan las apropiaciones de mercado a corto plazo, ya que esa estrategia sólo provoca venganza. La mayoría de las firmas deciden no robarse a

---

<sup>82</sup> KOTLER, Philip, *"Mercadotecnia"*, p.. 571

<sup>83</sup> *ibid.*, p. 578

<sup>84</sup> *idem.*

los clientes entre sí. En vez de esto les presentan ofertas similares a los compradores, usualmente copiando al líder. Las porciones de mercado muestran también una gran estabilidad.

Esto no quiere decir que los seguidores de mercado carezcan de estrategias propias. Un seguidor de mercado debe saber cómo mantener a los clientes actuales y obtener una porción justa de nuevos clientes. Cada seguidor intenta darle ventajas distintivas a su mercado meta: ubicación, servicios, financiamiento. El seguimiento es un objetivo principal de los ataques de los retadores. Por tanto, el seguidor de mercado debe mantener bajos sus costos de fabricación y la calidad de su producto y de sus servicios debe ser alta. También debe entrar a mercados nuevos cuando éstos se abran. El papel de seguidor no consiste en ser pasivo ni en ser copia al carbón del líder. El seguidor tiene que definir una senda de crecimiento, pero una que no dé lugar a una venganza competitiva<sup>85</sup>.

Estos razonamientos que Kotler, de forma tan simple pero contundente detalla en su libro "*Mercadotecnia*"<sup>86</sup>, son los mismos que llevaron a establecer una estrategia de precios entre seguidor cercano y seguidor a distancia, y que se muestra en la Figura 37.

---

<sup>85</sup> KOTLER, Philip, "*Mercadotecnia*", p. 579

<sup>86</sup> op. cit. KOTLER, Philip.

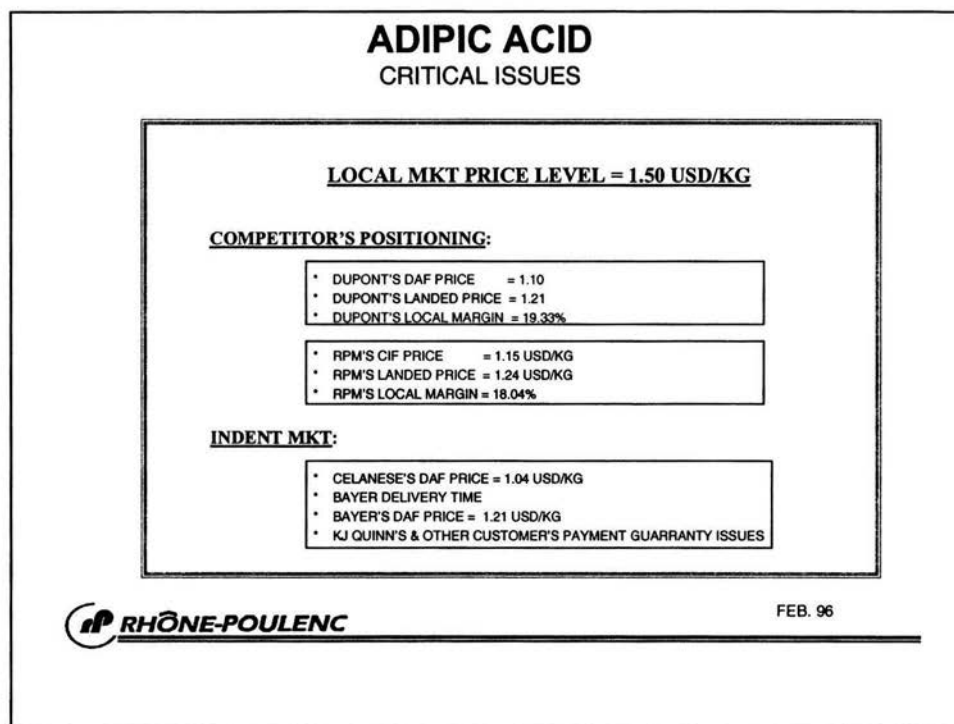


Figura 37, Posicionamiento de precio para el ácido adípico en México como seguidor.

fuente: recopilación propia

Según Kotler, cabe distinguir tres grandes estrategias del seguidor<sup>87</sup>:

- I. *Seguidor Cercano.* Aquí el seguidor emula al líder en tantas áreas de segmentación de mercado y de mezcla de mercadotecnia como sea posible. El seguidor casi parece ser un retador, pero si no bloquea radicalmente al líder, no habrá ningún conflicto directo. Algunos seguidores tal vez pongan muy poco para estimular el mercado, con la esperanza de vivir de las inversiones del líder del mercado.

<sup>87</sup> op. cit., KOTLER, Philip, "Mercadotecnia", p., 579

- II. *Seguidor a Distancia.* Aquí el seguidor mantiene cierta diferenciación, pero sigue al líder en términos de grandes innovaciones de mercado y de producto, niveles generales de precio y distribución. El seguidor es muy aceptable para el líder de mercado, quien tal vez vea poca interferencia con sus planes de mercado y pueda estar contento de que la porción de mercado del seguidor le ayude a evitar acusaciones de monopolización. El seguidor distante puede lograr su crecimiento adquiriendo firmas más pequeñas en la industria.
  
- III. *Seguidor Selectivo.* Esta compañía sigue al líder muy de cerca en algunas cosas y a veces marcha por su cuenta. La firma puede ser muy innovadora y, sin embargo, evita la competencia directa y sigue muchas estrategias del líder donde las ventajas son aparentes. Esta compañía frecuentemente llega a convertirse en un futuro retador.

La apertura comercial de México, que significaba un comportamiento doméstico similar al ciclo de vida global del ácido adípico, así como la oportunidad de traer producto importado de Brasil con una ventaja significativa en el impuesto de importación, que permitía una gran libertad en cuanto al nivel de precios, obteniendo márgenes de utilidad razonables y sin violentar al líder del mercado, ocasionaron que la estrategia fuera autorizada y puesta en marcha.

Como se esperaba, no hubo una confrontación de precios con el líder. Y por la mismas consideraciones en relación al impuesto de importación, las otras firmas como BASF y Radicci se retiraron progresivamente de México al resultarles muy desfavorable pagar el impuesto completo de importación. El crecimiento en la participación de mercado del ácido adípico en México de Rhodia no le causó molestia al líder, DuPont, porque a sus ojos lo que ocurría era la substitución de un competidor por otro, sin grandes cambios en su propia porción de mercado.

Ninguna estrategia comercial se encuentra completa si no se incluye un análisis de las amenazas y oportunidades del medio ambiente interno y externo de la mercadotecnia junto con un análisis de las fortalezas y debilidades del mismo. Este tipo de análisis se muestra en la Figura 38 y se conoce en el medio industrial como el “análisis TOWES” (por sus siglas en inglés Threats, Opportunities, Weaknesses and Strenghts, FODA en español)

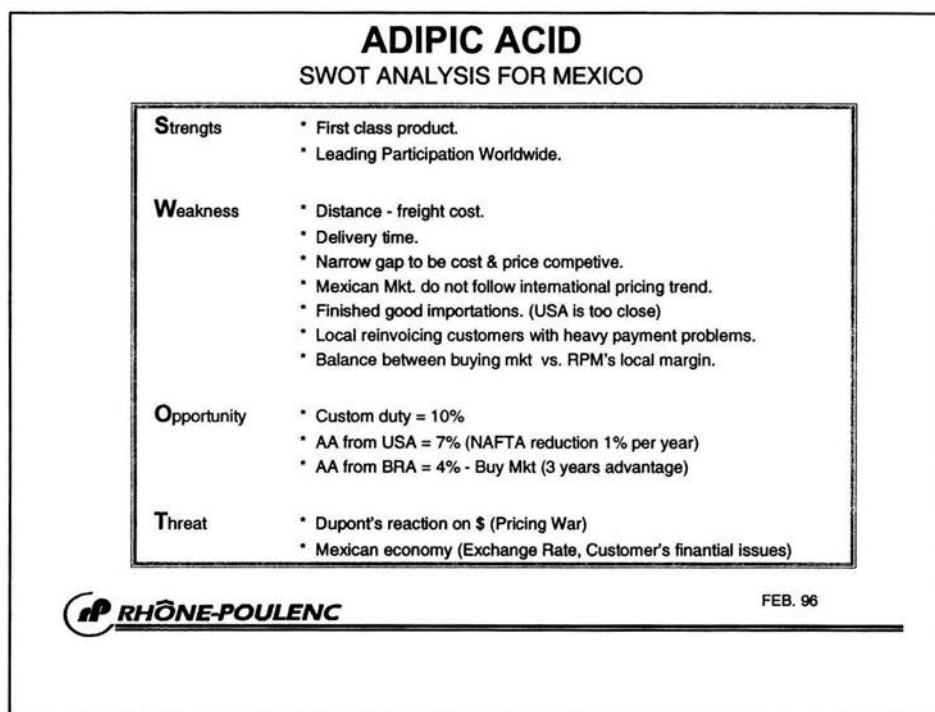


Figura 38, Análisis FODA para el ácido adípico en México, año 1996

fuelle: recopilación propia

#### Fortalezas:

Las fortalezas del ácido adípico de Rhodia se han mencionado en los apartados relativos al producto y se pueden resumir en términos de su calidad y la posición global de Rhodia como su fabricante.

#### Debilidades:

La decisión de la empresa de traer el ácido adípico desde Brasil tiene un impacto importante en los costos de logística relativos al precio del flete y un tiempo de entrega mayor, sobre todo, comparado contra el líder, que seguramente suministraba al mercado mexicano de ácido adípico desde sus plantas mucho más próximas en Orange y Victoria, Texas.

Se considera también una desventaja la naturaleza del producto en términos de su ciclo de vida y de la posición competitiva del sublíder Rhodia, ya que la libertad en cuanto a la fijación de precios no es muy amplia y que establece una franja muy delgada entre el costo y el precio competitivo en el mercado.

La gran cercanía del mercado mexicano al de los EUA hace suponer que su comportamiento como tal sea similar. Sin embargo, en algunas ocasiones y por esta misma razón se presenta la situación de que los fabricantes americanos exportan de manera marginal hacia México y esto tiene como consecuencia el que se encuentren productos industriales con precios que no reflejan el nivel global. Esto a veces dificulta el establecimiento de una política de precios doméstica y debe ser tomado en cuenta al momento de solicitar los precios de transferencia a la casa matriz.

La inestabilidad de la moneda mexicana imparte también una dinámica singular en algunos ámbitos manufactureros, ya que si la moneda no llega a tener la competitividad necesaria, se presenta el fenómeno de que resulta más rentable importar el producto terminado que sintetizarlo. Esto se agudiza en productos que tienen materias primas importadas. Este fenómeno, para el caso particular del ácido adípico en México, se presenta en los plastificantes para PVC tipo DOA. En algunas ocasiones, al fabricante del plastificante le resultaba más rentable dejar de producir DOA, al menos a toda capacidad, e importar plastificante desde los EUA para a su vez revenderlo en el mercado mexicano. Como podrá inferirse,

esto se refleja en una demanda variable que no tiene nada que ver con el crecimiento de las aplicaciones directas del ácido adípico.

La reventa local aumenta el riesgo crediticio asumido por la empresa. Esta es una de las razones por las cuales la estrategia de Rhodia contemplaba la reventa local solamente a los clientes clave. Sin embargo, esto no evita el riesgo que se asume a través del distribuidor en la venta a clientes menores, o por el hecho de una fuerte pérdida cambiaría por una devaluación importante. Todas las empresas transnacionales prestan atención a las métricas divulgadas como riesgo país y balancean sus riesgos dosificando sus inversiones y ventas en dichos países. El riesgo país de México ha llegado a ser alto en determinados años.

Otra debilidad, que no por ser la última es la menos importante, era la singular posición de Rhodia en México en términos de su pobre participación de mercado y su importante motivación de incrementarlo, escenario que necesariamente implica una compra de participación de mercado mediante una fijación de precios a la baja, que degrada las utilidades como consecuencia.

La gran oportunidad, sin embargo, era el período disponible durante un espacio de 6 años, en donde el impuesto pagado por el producto de origen Brasileño sería menor al impuesto pagado por el producto procedente de los EUA. Durante los primeros años de este período, la diferencia era tan benéfica que incluso neutralizaba el hecho de una transportación más costosa desde el país sudamericano.

Como ya se mencionó, la amenaza de incomodar a DuPont por agredirle su porción de mercado no se verificó, y en consecuencia tampoco se vieron degradados los niveles de precio establecidos en el país. Si embargo la amenaza de una mayor inestabilidad de la moneda mexicana era importante, sobre todo si recordamos que aún ahora sufrimos las consecuencias de la devaluación de la moneda en el año de 1995.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El ácido adípico, por ser un ácido orgánico, posee las características generales de este grupo funcional y el hecho de contar con dos de estos grupos funcionales en su molécula lineal, le imparten propiedades fisicoquímicas singulares a todos los ácidos dicarboxílicos. Una de estas singularidades es su capacidad de participar en las reacciones de polimerización, tema que integra un amplio campo de estudio dentro de la Química Orgánica.

La importancia del ácido adípico fue mayor a partir del momento en que se convirtió en una prioridad para el gobierno de los EUA como sustituto de la seda japonesa para la fabricación de paracaídas y cuerdas de refuerzo para los neumáticos del equipo militar. Esta importancia creció aún más con la gran aceptación de las prendas confeccionadas con la fibra textil de nylon 6,6. En el Capítulo II se menciona que todos los fabricantes globales de nylon 6,6 lo son del ácido adípico y que esta aplicación representa el 70 % de la demanda total global del producto.

El resto de la demanda global total del ácido adípico está integrado por el grupo de aplicaciones no nylon y ha sido impulsado por su disponibilidad prácticamente sin restricciones, por sus niveles de precio globalizados y por su grado de pureza. Esto sin tomar en cuenta que se trata de aplicaciones muy importantes en sí mismas y con dinámicas de mercado y crecimiento que dependen de muchos otros factores.

Sin duda, y por las mismas razones, se encontrarán aplicaciones futuras con una perspectiva importante de éxito.

El mercado del ácido adípico en México está integrado únicamente por la porción de aplicaciones no nylon. Es muy improbable que bajo esta situación de la demanda doméstica se construya una fábrica de ácido adípico en el país, a menos

que uno de los grandes fabricantes globales decida realizar una inversión de esa índole de magnitud y, aún así, dicha fábrica sería solamente una parte de una instalación industrial mucho mayor que seguramente estaría destinada a la polimerización de nylon 6,6. El crecimiento de la demanda nacional es muy parecido al crecimiento global de la demanda no nylon para el ácido adípico, que es del orden del 1 al 2% anual.

Todos los fabricantes globales buscan tener una presencia en cada país individual que sea equiparable a la posición que ocupan en el mundo. Esta es una de las razones que sustentó el esfuerzo realizado por Rhodia para llevar su participación en el mercado de ácido adípico en México a un nivel tal que se convirtiese en el segundo mayor proveedor del producto a la industria nacional.

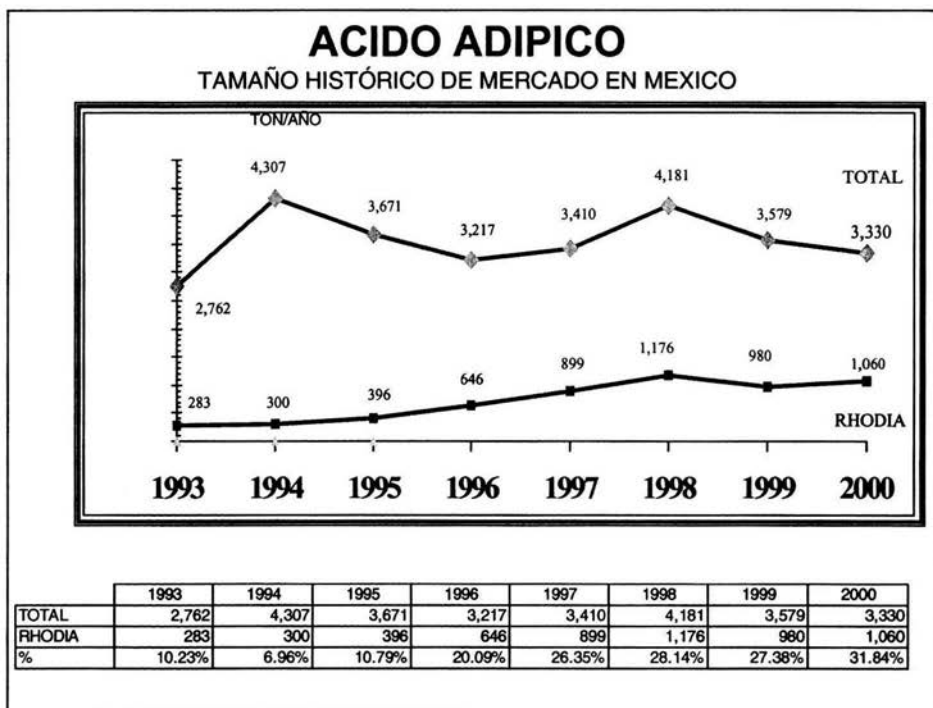


Figura 39, Evolución de la participación de mercado del ácido adípico de Rhodia

fuelle: recopilación propia

La estrategia fue concebida y puesta en marcha durante el año de 1994, cuando la responsabilidad para comercializar el ácido adípico en México le fue asignada al autor. Romper la inercia inicial no fue fácil y el resultado en crecimiento no fue muy aparente aún para el año de 1996, cuando el Gerente Regional de Intermediarios Nylon para América Latina visitó el país.

Sin embargo, la estrategia era robusta y mediante su puesta en marcha de una forma ordenada y disciplinada, se alcanzó una participación de mercado del 32% en el año 2000, como lo muestra la Figura 39, mismo año en que el autor dejó la responsabilidad del producto para asumir mayores retos como resultado de una promoción a Gerente de Ventas de la unidad de negocios de Ingredientes Farmacéuticos de Rhodia.

Muy probablemente, la participación real que se alcanzó fue mayor, si se toma en cuenta que el líder, DuPont, autoconsume ácido adípico para la fabricación de su línea de pinturas para automotores. Esta cantidad no salía a la reventa y por lo tanto no estaba disponible para los otros participantes del mercado. Sin embargo, y como consecuencia de la dificultad de obtener la razón de producto utilizado para la fabricación contra el producto que DuPont colocaba a la reventa doméstica, se tomó como base de cálculo las estadísticas de importación.

Hacia el futuro, una estrategia como esta puede ser enriquecida con procesos adicionales tales como:

- Colocación de producto a consignación en las cuentas clave.
- Administración del inventario del cliente y de su cadena de suministro.
- Intercambio electrónico de datos para el monitoreo del volumen consignado con el cliente.

El resultado final fue el esperado, llevando a Rhodia a convertirse en la segunda opción de suministro de ácido adípico en México. Además de no haber

incomodado al líder mundial, DuPont y de haberse evitado la temida venganza en forma de una guerra de precios.

Es por esto que se recomienda a todo aquel responsable de la comercialización de algún producto, el realizar una estrategia fundamentada en los grandes lineamientos descritos en este trabajo y sobre todo, en la Bibliografía consultada.

Esta misma metodología fue aplicada por el autor en sus nuevas responsabilidades de la unidad de negocios de Ingredientes Farmacéuticos de Rhodia y los resultados fueron igualmente satisfactorios, lo que demuestra que el tipo y naturaleza de los productos y mercados es independiente a ella.

## BIBLIOGRAFÍA

- BABOR, Joseph A., IBARZ, José, Química General Moderna. Una Introducción a la Química física y a la Química descriptiva superior (Inorgánica, Orgánica y Bioquímica), 7ª. ed., España, Editorial Marín, 1963, 1144 pp.
- BRADY, James E., HUMISTON, Gerard E., Química Básica. Principios y Estructura, 2da. ed., trad. Ma. Cristina Sangines Franchini, Vicente Segura Gutierrez, rev. Isela Barcelo Quintal, México, Editorial Limusa, 1980, 1009 pp.
- GERHARTZ, Wolfgang, YAMAMOTO, Y. Stephen, CAMPBELL, F. Thomas, PFEFFERKORN, Rudolf, ROUNSAVILLE, James F., Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A1, 5ª. ed., Rep. Fed. de Alemania, VCH Publishers, 1985.
- KIRK, Raymond E., OTHMER, Donald F., KROSCWITZ, Jacqueline I., HOWE-GRANT, Mary, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 1, 4ª ed., USA, John Wiley & Sons, 1991.
- MARK, Herman F., Moléculas Gigantes, 2da ed., trad. Agustín Bárcena, dirección Jorge Anaya Roa, rev. tec. Beatriz Meyer, México, Libros Time Life, 1983, 199 p.
- McKETTA, John J., CUNNINGHAM, William A., Encyclopedia of Chemical Processing and Design, Vol. 2, s.e., USA, Marcel Dekker Inc., 1977.
- MORRISON, Robert T., BOYD, Robert N., Química Orgánica, 5ta ed., trad. Rosa Zugazagoitia H. y Peter Fiedler con la colab. de Cristina Rock, México, Editorial Pearson Addison Wesley, 1998, 1474 pp.
- REUSCH, William H, Química Orgánica, trad. Eduardo Calderón Gomez, México, McGraw-Hill, 1981, 810 pp

SOLOMONS, T. W. Graham, *Química Orgánica*, trad. Ma. Cristina Sangines Franchini, México, Ed. Limusa, 1971.

KOTLER, Philip, *Mercadotecnia*, 3ª.ed., trad. Jose Manuel Salazar, México, Prentice Hall Hispanoamericana SA, 1993, 746 pp.

REEDER, Robert R., BRIERTY, Edward G., REEDER, Betty H., *Industrial Marketing Analysis, Planning and Control*, Prentice Hall Inc., USA, 1987, 654 pp.

#### Referencias Internet

INVISTA es un productor global e integrado y vende fibras, resinas e intermediarios de primera calidad. Nació de la separación de la unidad de negocios "*Textiles & Interiors*" de DuPont y fue vendida el 17 de Noviembre de 2003 a Koch Industries.  
<http://login.adi-pure.invista.com>. (es necesario registrar un usuario)

SPG Media Group PLC, [www.spgmedia.com](http://www.spgmedia.com), es una empresa de medios de información de negocio a negocio, con más de 50 publicaciones al año, 26 portales especializados en la internet y 40 conferencias globales. Uno de sus portales, [www.chemicals-technology.com](http://www.chemicals-technology.com), está dedicado a la industria química, ofreciendo servicios de noticias de proyectos, entre otros.

ZIETZ SAXONY INTEGRATED POLYAMIDE PLANT, GERMANY

<http://www.chemicals-technology.com/projects/zietz/index.html>,

DuPont, empresa líder en la industria química. Su portal en la internet, [www.dupont.com](http://www.dupont.com) proporciona al público en general una sección especial para obtener las hojas de seguridad de todos su productos, llamado DuPont MSDS Central, <http://msds.dupont.com>

[http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES\\_09004a2f8066329b.pdf](http://msds.dupont.com/msds/pdfs/ES/PES_09004a2f8066329b.pdf)

Cyberlipid Center, <http://www.cyberlipid.org>, es un portal dedicado al estudio de los lípidos, se trata de una organización científica, sin fines de lucro y cuyo propósito es coleccionar, estudiar y difundir información de todos los aspectos de la lipidología.  
<http://www.cyberlipid.org/fa/acid0004.htm#5>

Secretaría de Economía, antes Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Institución del gobierno Mexicano, encargada del apoyo al comercio y la industria, entre otras cosas.

[http://www.economia-snci.gob.mx/sic\\_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#](http://www.economia-snci.gob.mx/sic_php/ls23al.php?s=20&p=1&l=1#)

#### Referencias Revistas Especializadas de Publicación Regular

"*PRODUCT FOCUS*", Chemical Week, EUA, Abril 23, 2003, p.25

Reisch, Marc S., "*Top 50 chemicals production ...*", Chemical & Engineering News, vol. 67, num. 15, pag. 12, EUA, 10 de Abril 1989.

#### Referencias Tesis

SOLIMAN EL GOHARY DE VALLE, Omar A., *Estudio de Factibilidad Técnico Económico de la Producción de Ácido Adípico en México*, Tesina para obtención del Título de Ingeniero Químico, México, Universidad Iberoamericana, 1996, 94 pp.

#### Referencias Artículos

LEWITT, Theodore, *Marketing Miopia*, Harvard Business Review, Julio-Agosto 1960, pp. 45-56.

## INDICE DE REACCIONES

REACCIÓN 1, IONIZACIÓN DEL GRUPO CARBOXILO .....	11
REACCIÓN 2, OXIDACIÓN TOTAL DE UN ALCOHOL PRIMARIO O DE UN ALDEHÍDO.....	13
REACCIÓN 3, HIDRÓLISIS DE LOS ÉSTERES .....	13
REACCIÓN 4, HIDRÓLISIS DE LOS HALUROS DE ACILO .....	14
REACCIÓN 5, HIDRÓLISIS DE LOS NITRILOS O CIANUROS DE ALQUILO.....	14
REACCIÓN 6, HIDRÓLISIS DE LAS AMIDAS.....	14
REACCIÓN 7, HIDRÓLISIS DE LOS I-I TRIHALUROS DE ALQUILO .....	15
REACCIÓN 8, ACCIÓN DE ÁCIDO MINERAL FUERTE SOBRE SAL DE ÁCIDO ORGÁNICO.....	15
REACCIÓN 9, CARBONATACIÓN DE REACTIVOS DE GRIGNARD .....	15
REACCIÓN 10, FORMACIÓN DE SALES Y EJEMPLOS.....	16
REACCIÓN 11: CONVERSIÓN A DERIVADOS FUNCIONALES .....	16
REACCIÓN 12: CONVERSIÓN A CLORUROS DE ÁCIDO .....	17
REACCIÓN 13, CONVERSIÓN A ÉSTERES .....	17
REACCIÓN 14, CONVERSIÓN A AMIDAS .....	18
REACCIÓN 15, REDUCCIÓN .....	18
REACCIÓN 16, HALOGENACIÓN DE ÁCIDOS ALIFÁTICOS DE HELL-VOLHARD-ZELINSKY....	19
REACCIÓN 17, SUSTITUCIÓN ANULAR EN ÁCIDOS AROMÁTICOS .....	19
REACCIÓN 18, NEUTRALIZACIÓN DEL ÁCIDO ADÍPICO CON HEXAMETILENDIAMINA, SÍNTESIS NYLON 6,6 .....	41
REACCIÓN 19, POLIMERIZACIÓN DE LA SAL DE NYLON.....	42
REACCIÓN 20, SÍNTESIS DE POLIURETANOS POLIÉSTER CON ÁCIDO ADÍPICO.....	45
REACCIÓN 21, SÍNTESIS DE UNA POLIAMIDA EPICLORHIDRINA PARA ADITIVO DE PAPEL ...	52



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1, PROPIEDADES FÍSICAS DE ALGUNOS ÁCIDOS DICARBOXÍLICOS .....	22
TABLA 2, PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS DEL ÁCIDO ADÍPICO .....	22
TABLA 3, PROPIEDADES DEL ÁCIDO ADÍPICO EN SOLUCIÓN. ....	23
TABLA 4, PROPIEDADES TÉRMICAS DEL ÁCIDO ADÍPICO.....	24
TABLA 5, OTRAS PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS DE ÁCIDO ADÍPICO.....	24
TABLA 6, HOJA COMERCIAL DE ESPECIFICACIONES DEL ÁCIDO ADÍPICO .....	28
TABLA 7, PROPIEDADES DE IGNICIÓN DE LAS NUBES DE POLVO DE ÁCIDO ADÍPICO .....	29
TABLA 8, REGLAMENTOS EN DONDE EL ÁCIDO ADÍPICO ESTÁ INCLUIDO EN LOS EUA.....	36
TABLA 9, REGLAMENTOS EN DONDE EL ÁCIDO ADÍPICO ESTÁ INCLUIDO EN CANADÁ .....	37
TABLA 10, REGLAMENTOS EN DONDE EL ÁCIDO ADÍPICO ESTÁ INCLUIDO EN LA COMUNIDAD EUROPEA .....	37
TABLA 11, REQUISITOS ADICIONALES DE LA FCC.....	38
TABLA 12, APLICACIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE POLIURETANO .....	46
TABLA 13, TABLA COMPARATIVA DE USOS FINALES Y BENEFICIOS DE ALGUNOS PLASTIFICANTES. ....	49
TABLA 14, USOS FINALES COMO ADITIVO ALIMENTARIO LEGALMENTE AUTORIZADOS EN LA UNIÓN EUROPEA, ANEXO IV DE LA DIRECTIVA 95/2/EC (ADITIVOS ALIMENTARIOS MISCELÁNEOS) .....	56
TABLA 15, LOGARITMO DE LAS CONSTANTES DE ESTABILIDAD (K) CON ÁCIDO ADÍPICO A 25 °C.....	62
TABLA 16, DEMANDA GLOBAL ESTIMADA DE ACIDO ADÍPICO POR SEGMENTO DE APLICACIÓN PARA LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS. ....	71
TABLA 17, CAPACIDAD INSTALADA GLOBAL TOTAL PARA FABRICAR ÁCIDO ADÍPICO POR UBICACIÓN. ....	72
TABLA 18, LOS 50 PRINCIPALES PRODUCTOS QUÍMICOS FABRICADOS EN EL MUNDO.....	74
TABLA 19, EVOLUCIÓN DEL IMPUESTO DE IMPORTACIÓN PARA LA IMPORTACIÓN DEL ÁCIDO ADÍPICO. ....	77
TABLA 20, VALOR Y CANTIDAD POR PAÍS DE LAS IMPORTACIONES DE MÉXICO DE LA FRACCIÓN 2917.12.01 .....	86
TABLA 21, SELECCIÓN DE LA MEJOR OPCIÓN A DISTRIBUIDOR: .....	105

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1, FÓRMULA DESARROLLADA DEL ÁCIDO ADÍPICO.....	8
FIGURA 2, DISTANCIAS Y ÁNGULOS INTERATÓMICOS DEL GRUPO CARBOXILO .....	10
FIGURA 3, FÓRMULAS EN RESONANCIA DEL ÁCIDO FÓRMICO Y DEL IÓN FORMIATO .....	11
FIGURA 4: FUERZA ÁCIDA DEL GRUPO CARBOXILO EN FUNCIÓN DE LA NATURALEZA DEL SUBSTITUYENTE .....	12
FIGURA 5: DIFERENCIA DE MAGNITUD ENTRE K1 Y K2 DE UN ÁCIDO DICARBOXÍLICO .....	21
FIGURA 6, SOLUBILIDADES DEL ÁCIDO ADÍPICO EN DIFERENTES SOLVENTES .....	23
FIGURA 7, PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL ÁCIDO ADÍPICO .....	26
FIGURA 8, PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ÁCIDO ADÍPICO A PARTIR DE FENOL. ....	27
FIGURA 9, HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL ÁCIDO ADÍPICO.....	31
FIGURA 10, DEMANDA GLOBAL POR APLICACIÓN DEL ÁCIDO ADÍPICO.....	39
FIGURA 11, PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS POLIURETANOS .....	45
FIGURA 12, PRINCIPALES USOS DEL PVC PLASTIFICADO .....	47
FIGURA 13, EVALUACIÓN DE LA DUREZA DEL PVC A BAJAS TEMPERATURAS PLASTIFICADO CON FTALATOS Y ADIPATOS TÍPICOS. ....	48
FIGURA 14, PH DEL ÁCIDO ADÍPICO COMPARADO CON OTROS ÁCIDOS ORGÁNICOS .....	54
FIGURA 15, IMPACTO EN EL TIEMPO DE LA NOTA ÁCIDO DEL ÁCIDO ADÍPICO .....	55
FIGURA 16, COMPOSICIÓN TÍPICA POR FUNCIÓN DE UNA PASTILLA NO-EFERVESCENTE. ..	59
FIGURA 17, IMPACTO DEL PH SOBRE LA HABILIDAD SECUESTANTE DE IONES $Ca^{2+}$ DEL ÁCIDO ADÍPICO .....	63
FIGURA 18, EN BASE MOLAR, EL ÁCIDO ADÍPICO Y EL ÁCIDO CÍTRICO SECUESTRAN CANTIDADES SIMILARES DE IONES $Ca^{2+}$ .....	63
FIGURA 19, EL NYLÓN EN LA GUERRA.....	68
FIGURA 20, UNA JOVEN DESENTENDIÉNDOSE DE QUIÉNES ESTÁN EN UNA “COLA DE NYLON”, SE PONE SUS MEDIAS FUERA DE LA TIENDA.....	69
FIGURA 21, CAPACIDAD INSTALADA GLOBAL TOTAL PARA FABRICAR ÁCIDO ADÍPICO.....	70
FIGURA 22, IMPORTACIONES HISTÓRICAS TOTALES DE MÉXICO DE ÁCIDO ADÍPICO .....	75
FIGURA 23, CRONOGRAMA DE FIRMA DE TRATADOS DE LIBRE COMERCIO DE MÉXICO ...	76
FIGURA 24, GRÁFICA DE ECONOMÍAS DE ESCALA .....	78
FIGURA 25, EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE MERCADOTECNIA.....	83

FIGURA 26, EJEMPLO DE TIPOS DE PLANEACIÓN .....	84
FIGURA 27, DIFERENCIAS ENTRE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y DE MERCADOTECNIA. ....	85
FIGURA 28, PRINCIPALES ACTORES EN EL MICROAMBIENTE DE LA COMPAÑÍA.....	87
FIGURA 29, IMPORTACIONES TOTALES DE ÁCIDO ADÍPICO EN 1993 POR PAÍS.....	88
FIGURA 30, PRINCIPALES FUERZAS EN EL MACROAMBIENTE DE LA COMPAÑÍA .....	89
FIGURA 31, ACUERDO ARANCELARIO CON BRASIL PARA LA IMPORTACIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO .....	91
FIGURA 32, IMPORTACIONES TOTALES POR EMPRESA DE ÁCIDO ADÍPICO EN 1993 .....	96
FIGURA 33, LOS 4 PUNTOS DE LA ESTRATEGIA DE COMERCIALIZACIÓN PARA EL ÁCIDO ADÍPICO .....	97
FIGURA 34, LA MEZCLA DE MERCADOTECNIA. ....	100
FIGURA 35, FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES SOBRE EL PRECIO .....	106
FIGURA 36, PATRÓN DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.....	107
FIGURA 37, POSICIONAMIENTO DE PRECIO PARA EL ÁCIDO ADÍPICO EN MÉXICO COMO SEGUIDOR.....	111
FIGURA 38, ANÁLISIS FODA PARA EL ÁCIDO ADÍPICO EN MÉXICO, AÑO 1996 .....	113
FIGURA 39, EVOLUCIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE MERCADO DEL ÁCIDO ADÍPICO DE RHODIA .....	117