



142  
Res

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

APLICACION DEL MODELO DE PORTER A LA  
INDUSTRIA DEL BIOXIDO DE TITANIO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
**P R E S E N T A**  
**DAVID TURCIO ORTEGA**



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

**JURADO ASIGNADO**

PRESIDENTE	PROF. EDUARDO ROJO Y DE REGIL
VOCAL	PROF. JOSE FRANCISCO GUERRA RECASENS
SECRETARIO	PROF. LAURA ESTHER GARCIA CHAVEZ
1ER SUPLENTE	PROF. ERNESTO PEREZ SANTANA
2DO SUPLENTE	PROF. HECTOR MARCELINO GOMEZ VELASCO

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA**

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO. FACULTAD DE QUIMICA.

**ASESOR DEL TEMA**

M. EN C. LAURA ESTHER GARCIA CHAVEZ

*p.a. Laura Esther*

**SUSTENTANTE**

DAVID TURCIO ORTEGA

*David*

DEDICATORIA

A Lupita, por ser como eres

A mi abuelita y mis padres, por el apoyo que me han dado

A la memoria de la maestra Laura Esther García Chávez

DEDICATORIA

A Lupita, por ser como eres

A mi abuelita y mis padres, por el apoyo que me han dado

A la memoria de la maestra Laura Esther García Chávez

Quiero darles las gracias de la manera más sincera por su ayuda y comentarios para la realización de este trabajo:

M. en C. Laura Esther García Chávez

Ing. Eduardo Rojo y de Regil

Ing. Ernesto Pérez Santana

Ing. Jose Francisco Guerra Recasens

Lic. Jose Terrón

Ing. Javier García G.

M. Agueda Saavedra

NASEDA

A la Facultad de Química, a sus profesores y en especial a los que me dieron clases, gracias.

*Gracias a Dios*

## INDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Generalidades</b> .....	<b>5</b>
2.1	Descubrimiento e historia .....	5
2.2	Distribución del titanio en la naturaleza .....	11
2.3	La molécula del Bióxido de Titanio y su estructura cristalina .....	21
2.4	Propiedades físicas .....	24
2.5	Propiedades químicas .....	31
2.6	Propiedades eléctricas .....	33
2.7	Obtención .....	35
2.8	Usos y aplicaciones .....	36
2.9	Pigmentos de Bióxido de Titanio .....	40
2.9.1	Propiedades .....	41
2.9.2	Procesos de fabricación .....	51
2.9.3	Usos .....	67
2.9.4	Capacidad instalada .....	67
2.9.5	Producción .....	70
2.9.6	Consumo aparente .....	72
2.9.7	Importaciones y exportaciones nacionales .....	77
2.9.8	Fabricantes .....	78

<b>3</b>	<b>Teorías de Competitividad</b> .....	<b>83</b>
3.1	Elementos básicos de estrategia competitiva .....	90
3.2	Estrategia competitiva de Michael Porter .....	96
3.2.1	Estrategias competitivas genéricas .....	96
3.2.2	Fuerzas que mueven la competencia en un sector industrial .....	99
3.2.3	Acciones competitivas .....	107
3.2.4	Evolución del sector industrial .....	111
3.2.5	Sectores industriales globales .....	114
<b>4</b>	<b>Aplicación de la teoría de competitividad de Michael Porter al caso del Bióxido de Titanio</b> .....	<b>118</b>
4.1	Marco económico .....	118
4.1.1	El Tratado de Libre Comercio (T.L.C) .....	118
4.1.2	Pacto para la Estabilidad la Competitividad y el Empleo (P.E.C.E) .....	124
4.2	La estrategia competitiva y el Bióxido de Titanio.	128
4.3	Competitividad del Bióxido de Titanio en México ..	133
<b>5</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>136</b>
<b>6</b>	<b>Análisis de Resultados</b> .....	<b>141</b>
<b>7</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>159</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>164</b>

## INDICE DE FIGURAS

1.	Cristal rutilo .....	23
2.	Cristal anatasa .....	23
3.	Cristal brokita .....	23
4.	Celda cristalina rutilo .....	30
5.	Celda cristalina anatasa .....	30
6.	Alto índice de refracción en película de pigmento	.45
7.	Bajo índice de refracción en película de pigmento	.45
8.	Refracción de la luz por una esfera .....	46
9.	Difracción de la luz alrededor de una partícula de pigmento .....	46
10.	Opacidad de una película de pintura .....	48
11.	Proceso sulfato .....	55
12.	Proceso cloruro .....	62
13.	Acabado .....	66
14.	Usos .....	68
15.	Fabricantes de Bióxido de Titanio .....	81
16.	Proceso sulfato vs. cloruro .....	82
17.	Actividades económicas .....	95
18.	Estrategias genéricas .....	98
19.	Fuerzas Competitivas .....	100
20.	Las Barreras y la rentabilidad .....	104
21.	Ciclo de vida del producto .....	112
22.	Capacidad instalada y producción nacional .....	147

## INDICE DE TABLAS

1	Historia del Bióxido de Titanio .....	6
2	Minerales que contienen Titanio .....	12
3	Principales depósitos con mineral de titanio en arena .....	14
4	Depósitos de mineral de titanio en rocas .....	17
5	Composición de diversos minerales con titanio .....	19
6	Propiedades cristalográficas de anatasa, brookita y rutilo .....	21
7	Capacidad calorífica de rutilo y anatasa .....	26
8	Rutilo vs. anatasa .....	28
9	Propiedades eléctricas del rutilo .....	33
10	Índice de refracción (I.R.) de algunos pigmentos usados en la manufactura de pinturas .....	41
11	Índice de refracción (I.R.) de vehículos usados en la manufactura de pinturas .....	42
12	Composición de Ilmenita (% en peso) .....	52
13	Análisis de rutilo e ilmenita beneficiada .....	53
14	Capacidad total mundial, 1000 ton .....	69
15	Capacidad instalada nacional .....	69
16	Producción mundial .....	71
17	Producción nacional .....	71
18	Demanda de $TiO_2$ regional .....	75

19	Consumo aparente (CA) nacional, tons .....	76
20	Importaciones y exportaciones nacionales, tons .....	77
21	Fabricantes de $TiO_2$ , en el mundo, 1993 .....	80
22	Clasificación de las empresas .....	127
23	Encuesta a consumidores de Bióxido de Titanio .....	134
24	Competencia del Bióxido de Titanio en México .....	137
25	Plantas cerradas 1990 .....	138
26	Especificaciones ASTM para los pigmentos de Bióxido de Titanio .....	139
27	Características de los procesos sulfato y cloruro .....	150

## 1 INTRODUCCION

Es un hecho que en las últimas décadas el mercado industrial viene adquiriendo un dinamismo creciente, se exige, hoy más que nunca, mayor creatividad y mejores herramientas para identificar la estrategia competitiva idónea de una empresa, para que ésta permanezca en el sector industrial o ingrese a otro.

Frecuentemente, el empresario latinoamericano desarrolla su empresa en un ambiente de especial escasez de recursos; sin embargo, no debe continuar fijando sus estrategias de competencia con base en un criterio de prueba y error, ya que actualmente no puede darse ese lujo. Ahora debe incrementar su productividad para convertir muchos de sus sectores en competitivos a nivel industrial.

Si bien las estrategias que se han estado usando buscan la competitividad, éstas no han sido efectivas, o sus resultados sólo lo han sido en una muy pequeña proporción del sector. Por esto, la formulación de estrategias competitivas permitirá enfrentar la problemática del sector industrial dada por las nuevas situaciones de la economía en México.

En nuestro país, la aplicación de un estudio de competitividad es de gran relevancia, ya que la apertura económica impone la necesidad de estrategias competitivas a nivel nacional e internacional.

En este contexto, el modelo de Michael Porter representa un aporte valioso, ya que el tipo de análisis que propone surge del curso Sector Industrial y Análisis Competitivo, el cual tuvo como punto de partida no sólo las investigaciones formales con bases estadísticas, sino también el estudio de cientos de sectores industriales de Estados Unidos y del mundo.

Según Michael Porter, para conocer la estrategia idónea en un sector industrial, se deben estudiar las diversas fuerzas que inciden en éste, concretando el análisis de estas fuerzas en tres estrategias genéricas posibles: ser líderes en costos, ser líderes por diferenciación o bien, ser líderes con base en una alta segmentación o enfoque.

Para determinar la estrategia competitiva, Porter enfatiza la evaluación de cinco fuerzas fundamentales: la rivalidad entre competidores, el poder negociador de los compradores, el poder negociador de los proveedores, la amenaza de ingreso y la presión de productos sustitutos.

Así, en el presente trabajo el objetivo es aplicar el modelo de Michael Porter a la industria del Bióxido de Titanio, como aditivo y materia prima en diferentes sectores de la industria química, a fin de estudiar su competitividad. La industria del Bióxido de Titanio se ha seleccionado porque es un producto que se fabrica en México y ha tenido un gran desarrollo al ser uno de los pigmentos con grandes ventas a nivel nacional e internacional.

El Bióxido de Titanio ( $TiO_2$ ) tiene peso molecular de 79.9 g/mol; es un cristal duro, pesado y frágil; térmicamente es muy estable, descompone a  $1855^{\circ}C$  y es muy resistente al ataque químico.

Otras características del Bióxido de Titanio son: el alto índice de refracción, la escasa absorción de la luz visible, la facilidad para controlar el tamaño de grano, su estabilidad y el no ser tóxico son algunas de las razones por las que es muy usado como pigmento blanco, y es también el de mayor predominio en el mundo.

El Bióxido de Titanio comienza a usarse en la industria de los pigmentos a partir de 1900 en Europa y Estados Unidos. En 1931 se comercializa el proceso sulfato y, en 1958, el proceso cloruro, que son los procedimientos industriales para obtenerlo a gran escala.

En México esta industria ha tenido un crecimiento notable desde 1972, año en que se producen 17 mil toneladas de Bióxido de Titanio y en sólo 9 años se logra producir más del doble. En 1993 se cuenta con una producción mayor a las 70 mil toneladas anuales, de las cuales se exportan cerca de 40 mil toneladas.

La tendencia internacional de este producto es continuar con los altos volúmenes de producción y favorecer las economías de escala, siendo su mayor uso como pigmento blanco para las industrias de pinturas, plásticos, papel, textil, etcétera; por lo que se espera un crecimiento del consumo mundial de 2.5% entre 1990 y 1995.

El conocer esta industria a partir del presente análisis resulta provechoso ante un Tratado de Libre Comercio con Norteamérica, ya que el modelo de Porter es una consecuencia del surgimiento de mercados globalizados y es de importancia no sólo en la formulación de la estrategia de la empresa sino también en el análisis corporativo que incluye: finanzas, estrategia y mercadotecnia.

La aplicación de este modelo a la industria del Bióxido de Titanio permitirá situar a las empresas de este sector en su nivel competitivo, a la vez que se podrá conocer la posición de los competidores, advertir la amenaza del ingreso de nuevas compañías a este sector o de nuevos productos que sustituyan al Bióxido de Titanio, además permitirá conocer el poder negociador de los proveedores de materia prima a este sector y la fuerza negociadora de los consumidores.

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 DESCUBRIMIENTO E HISTORIA

El titanio fue descubierto en 1791 por William Gregor, un clérigo inglés y aficionado a la química, él reconoció la existencia de un nuevo elemento en la arena negra (conocida ahora como ilmenita), la que le fue enviada del valle de Manaccan en Cornwall para su análisis. Cuatro años después, el químico alemán Kalproth redescubre el elemento en el mineral rutilo, que corresponde al bióxido del elemento, el fue quien le dio el nombre de Titanio debido a que en la mitología griega significa "hijo de la tierra"<sup>1</sup>.

No fue sino hasta poco más de un siglo, cuando se empezaron a aprovechar sus ventajas. La tabla 1 resume los principales sucesos que se desarrollaron a partir de esa fecha.

---

<sup>1</sup> Bailar J. C. & Emeleus H.S., *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Cap. 32 Titanium. U.S.A.: Pergamon Press Ltd., 1973.

TABLA 1  
HISTORIA DEL BIOXIDO DE TITANIO.

1900	El proceso sulfato de purificación fue desarrollado para obtener comercialmente Bióxido de Titanio con alta pureza para la industria de los pigmentos, así el pigmento de titanio comenzó a aprovecharse en Europa y Estados Unidos <sup>2</sup> .
1910	Se produjo titanio metálico puro en 99.5% por General Electric <sup>2</sup> .
1920	Se preparó titanio dúctil con un método de disociación en iodo combinado con el proceso de reducción de Hunter <sup>2</sup> .
1930	Se desarrolló una reducción con magnesio al vacío reduciendo el tetracloruro de titanio al metal <sup>2</sup> . En 1931 se comercializó el método de sulfato produciendo Bióxido de Titanio anatasa <sup>3</sup> .

---

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>3</sup> DUPONT, *Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas*. (folleto informativo), [s.p.i.].

1940	En 1941 se comercializó el método de sulfato produciendo Bióxido de Titanio rutilo <sup>1</sup> . Basado en el proceso para obtener el metal la U.S. Bureau of Mines (BOM) inició un programa para su producción comercial; publicó trabajos sobre titanio e hizo pruebas demostrativas a la comunidad industrial. Por 1948 BOM produjo lotes de 104 Kg. En el mismo año E.I. Dupont de Nemours & Co. Inc., anunció la utilización comercial del titanio <sup>2</sup> .
------	---

---

<sup>1</sup> DUPONT, Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

1950	<p>A mediados de ésta década esta nueva industria de metales quedó definida con seis productores, otras dos compañías con planes para producir y más de 25 instituciones dedicadas a la búsqueda de proyectos. El titanio llega a ser entonces el sucesor del aluminio y el acero inoxidable<sup>1</sup>.</p> <p>A pesar de que el titanio es muy abundante, no ha sido empleado como metal estructural hasta muy recientemente, por razón de las dificultades que presenta la extracción de sus minerales. Aunque tiene muchas propiedades muy convenientes para ciertas aplicaciones, hasta 1948 no se introdujo en el mercado, solo en pequeñas cantidades y a precios elevados. En el transcurso de 1954 el aumento de la producción de titanio se vio muy incrementada a pesar de que seguían sosteniéndose sus altos precios; ese aumento fue consecuencia de aquellas propiedades que lo hacían único para ciertas aplicaciones en la aviación militar<sup>4</sup>.</p> <p>En 1958 se comercializó el proceso cloruro para producir Bióxido de Titanio rutilo<sup>3</sup>.</p>
------	---

<sup>1</sup> Bailar J. C. & Emeleus H.S., *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Cap. 32 Titanium. U.S.A.: Pergamon Press Ltd., 1973.

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

1960	Se intentó usar grandes cantidades de titanio en los transportes supersónicos y en plantas desalinizadoras, pero estas industrias no crecieron como se esperaba <sup>1</sup> .
1970	A finales de esta década se observa una alta demanda del metal titanio ya que no es suficiente la capacidad para producirlo por lo que Estados Unidos y Japón incrementan su capacidad instalada <sup>2</sup> .
1980	<p>La demanda de la década anterior se prolonga en los primeros años debido a su gran aceptación en la industria de los procesos químicos, en enfriamiento de agua de mar y en aviación, pero la recesión en 1981-1983 obliga a trabajar a bajas capacidades<sup>2</sup>.</p> <p>La mayor parte de esta década (a partir de 1983) son años de expansión económica en E.U. y Europa con un crecimiento anual promedio de 5.2%<sup>2</sup>.</p>

<sup>1</sup> DUPONT, Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

1990	<p>A principios de esta década existe mayor capacidad de producción y menor baja demanda del pigmento.</p> <p>Esta industria cuenta con varios fabricantes trabajando con un incremento en la producción doblemente mayor que a mediados de la década pasada (ver capítulo 2.9.5).</p>
------	--

## 2.2 DISTRIBUCION DEL TITANIO EN LA NATURALEZA

El titanio es un elemento relativamente común, el contenido promedio en la litosfera es de 0.63 % en peso; así que es el noveno elemento más abundante en la corteza terrestre pero, está ampliamente distribuido<sup>1</sup>.

La litosfera está compuesta por Oxígeno 47%, Azufre 28%, Aluminio 8%, Hierro 5% y en pequeñas proporciones siendo los que más abundan el Calcio, Sodio, Magnesio, Potasio y Titanio; entre otros<sup>5</sup>.

Este elemento está casi siempre en rocas ígneas y sedimentarias que de ahí derivan. También existe en el sol, las estrellas y meteoritos. La abundancia del elemento es casi cinco veces menos que el hierro y cien veces mayor que la del cobre, pero por su forma estructural, el uso anual del titanio es doscientas veces menor que la del cobre y dos mil veces menor que la del hierro<sup>1</sup>.

Existen dos minerales con mayor contenido de titanio que son la ilmenita ( $\text{FeTiO}_3$ ) y el rutilo ( $\text{TiO}_2$ ). La ilmenita se encuentra en las arenas de algunas playas y en depósitos rocosos asociados con el hierro. El rutilo es menos abundante; su fuente principal son las arenas de ciertas playas de Australia<sup>3</sup>, (v. tabla 2).

---

<sup>1</sup> Bailar J.C. & Emeleus H.S., *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Cap. 32 Titanium. U.S.A.: Pergamon Press Ltd., 1973.

<sup>5</sup> Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Vol. XIII. México: Reader'Digest de México, S.A. de C.V., 1986.

<sup>3</sup> DUPONT. Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

TABLA 2  
MINERALES QUE CONTIENEN TITANIO

MINERAL	FORMULA
Ilmenita	$\text{FeTiO}_3$
Rutilo ( $\alpha$ - $\text{TiO}_2$ , forma tetragonal)	$\text{TiO}_2$
Titanomagnetita	$\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{Ti})$
Ramseyita (Lorenzenita)	$\text{Na}_2(\text{TiO})_2\text{Si}_2\text{O}_7$
Titanato	$\text{CaTiSiO}_5$
Lamprofilita	$(\text{Ba, Si, K})\text{Na}(\text{Ti, Fe})\text{TiSi}_2(\text{O, OH, F})_6$
Benitoita	$\text{BaTiSi}_3\text{O}_{12}$
Warwikita	$(\text{Mg, Fe})_3\text{TiB}_2\text{O}_{10}$
Osbornita	$\text{TiN}$
Perovskita	$\text{CaTiO}_3$
Anatasa ( $\beta$ - $\text{TiO}_2$ , forma tetragonal)	$\text{TiO}_2$
Brokita ( $\Gamma$ - $\text{TiO}_2$ , forma rómbica)	$\text{TiO}_2$

Fuente: KIRK OTHMER<sup>2</sup>

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

Existen algunos depósitos de anatasa y perovskita suficientemente ricos que podrían ser de gran interés comercial, pero son más abundantes y aprovechables los depósitos con alto grado en contenido de ilmenita y rutilo, por lo que la apertura de dichos depósitos ha sido pospuesta<sup>1</sup>. En 1985 los principales depósitos con minerales de titanio contaban con operaciones en Australia, Brasil, India, Sierra Leona, Sudáfrica, Sri Lanka y Estados Unidos, entre otros (v. tabla 3). De manera comparativa se presentan algunos depósitos de mineral titanio rocoso (v. tabla 4).

La ilmenita deriva su nombre de las montañas Ilmen, en Ucrania, donde se descubrió por vez primera en forma de mineral de roca<sup>4</sup>. La tabla 5 muestra la composición de diversos minerales con titanio.

---

<sup>1</sup> Bailar J.C. & Emeleus H.S., *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Cap. 32 Titanium. U.S.A.: Pergamon Press Ltd., 1973.

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la Tecnología Química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de Titanio. Traducción al Español. México: UTHEA, 1965.

TABLA 3

PRINCIPALES DEPOSITOS CON MINERAL DE TITANIO EN ARENA

PAIS	COMPAÑIA	RESERVAS 10 <sup>6</sup> t, en contenido de Ti y Zr.		
		Ilm <sup>A</sup>	Rut <sup>B</sup>	Zr <sup>C</sup>
AUSTRALIA				
Costa Este	- Associated Minerals Consolidated, Ltd.	-	0.9	0.2
	- Mineral deposits, Ltd.	0.4	0.5	0.2
	- Consolidated Rutile, Ltd.	-	0.5	0.4
	- RZ Mines (Newcastle), Ltd.	0.2	0.2	0.3
	- Minsands Exploration Pty., Ltd.	-	0.2	-

AUSTRALIA				
Costa Oeste	- Associated Minerals Consolidated, Ltd.	5.2	1.3	2.6
	- Westralian Sand-Tioxide Group.	3.6	0.2	0.6
	- Cable Sands, Ltd.	1.1	-	0.2
	- Allied Encabba, Ltd.	1.6	0.5	1.1
	- Western Mining, Ltd.	0.3	-	-
	- Metals Exploration, Ltd.	0.2	-	0.3
BRASIL				
Paraiba	State	0.9	0.1	-
INDIA				
Chavara	Kerala Minerals & Metals Co.	12.6	1.7	-
Orissa	Indian Rare Earths, Ltd.	11.2	1.5	-
Otros	Indian Rare Earths, Ltd.	22	2.3	5
SIERRA LEONA	Sierra Rutile, Ltd.	-	1.7	-

<b>SUDAFRICA</b>				
Richards Bay	Richards Bay Minerals Organization	7.3	1.4	1.8
Otros	-----	2.3	1.8	1.8
<b>SRI LANKA</b>				
Pulmoddai	Sri Lanka Mineral Sands Co.	0.9	0.2	0.1
<b>ESTADOS UNIDOS</b>				
Florida,	- E.I. duPont de	5.4	-	-
Georgia	Nemours & Co., Inc.			
Florida	- Associated Minerals Consolidated, Ltd.	0.3	0.2	-
New Jersey	- Asarco, Inc.	1.5	-	-
<b>TOTAL</b>	-----	97.7	15.2	14.6

<sup>a</sup>Ilmenita.

<sup>b</sup>Rutilo.

<sup>c</sup>Zirconio.

Fuente: KIRK OTHMER<sup>2</sup>

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

TABLA 4  
DEPOSITOS DE MINERAL DE TITANIO EN ROCAS

PAIS	COMPAÑIA	% TiO <sub>2</sub> grado mineral	Reservas en contenido, 10 <sup>6</sup> t en Ti
BRASIL <sup>(A)</sup> Minas Gerais	---	23-27	85
CANADA Allard Lake	QIT Fer et Titane, Inc. <sup>(B)</sup>	33.8	26
St. Urbain	---	38	5
Terrebonne	Canadian Nickel Co. <sup>(C)</sup>	20	6
Alberta	Sun Corp. <sup>(D)</sup>	0.35	-
FINLANDIA Otarmarki	Rautaruukki.	9-10	3
UCRANIA Ucrania	Verhnedneprosk Ishansk	-- --	-- 4
NORUEGA Tellness	Titania A/S.	18	33

ESTADOS UNIDOS			
Táhawas, N.Y.	N.L. Industries, Inc.	17	6
Colorado	Buttes Oil & Gas Co. <sup>(B)</sup>	12	27
Minnesota	---	10	12
Wyoming	---	20	5

NOTAS.

<sup>(A)</sup>Depósitos de anatasa.

<sup>(B)</sup>75% de alto grado mineral (33.8% TiO<sub>2</sub>), el restante es de bajo grado mineral (6% TiO<sub>2</sub>).

<sup>(C)</sup>30% de alto grado mineral (20% TiO<sub>2</sub>), el restante es de bajo grado mineral (6% TiO<sub>2</sub>).

<sup>(D)</sup>Tierra con petróleo en Alberta. Se han estimado 1.5 x 10<sup>12</sup> toneladas métricas de tierra con petróleo conteniendo 0.17% de titanio en rutilo, anatasa e ilmenita. Estos depósitos también contienen cerca de 5 x 10<sup>8</sup> toneladas de zirconio.

<sup>(E)</sup>Depósitos de Perovskita.

Fuente: KIRK OTHMER<sup>2</sup>

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

TABLA 5  
COMPOSICION DE DIVERSOS MINERALES CON TITANIO.

CONSTITUYENTE.	Florida (a)	Australia Oeste (b)	Sri Lanka (c)	Nueva York (d)	Canada (e)	Australia (f)
TiO <sub>2</sub>	64.10	55.30	53.45	44.40	71.00	96.40
ZrO <sub>2</sub>	-	0.10	0.16	0.01	-	0.30
Feo	4.70	26.70	20.45	36.70	13.00	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.60	15.40	22.18	4.40	-	0.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.04	0.021	0.07	0.33	0.02
SiO <sub>2</sub>	0.30	0.20	0.52	3.20	-	0.56
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.03	0.09	-	0.20	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	0.38	0.58	0.19	5.70	0.17
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.08	-	0.24	0.59	0.61
MnO	1.35	1.64	0.93	0.35	0.22	-
CaO	0.13	0.17	-	1.00	1.00	0.05
MgO	0.35	0.29	1.46	0.80	5.00	0.04

Notas.

- (a) Ilmenita, concentrado de arena de playa en Florida.
- (b) Ilmenita, concentrado de arena de playa en Australia Oeste.
- (c) Ilmenita, concentrado de arena de playa en Sri Lanka.
- (d) Ilmenita, concentrado de roca en Nueva York.
- (e) Ilmenita, escoria de roca en Canada.
- (f) Rutilo, concentrado de arena de Australia.

Fuente: KIRK OTHMER<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

## 2.3 LA MOLECULA DEL BIOXIDO DE TITANIO Y SU ESTRUCTURA

### CRISTALINA

El Bióxido de Titanio se encuentra en la naturaleza en tres formas cristalinas: anatasa, brokita y rutilo; las que en su estructura pueden contener pequeñas impurezas generalmente de hierro, cromo y vanadio, entre otras<sup>6</sup>.

La estructura cristalina de las formas anatasa y rutilo es tetragonal, pero difieren en su morfología: el cristal anatasa casi es un octaedro regular, mientras que el cristal de rutilo define mejor la estructura tetragonal<sup>6</sup>.

La brokita forma cristales rómbicos, que en el laboratorio se han logrado obtener por calentamiento de Bióxido de Titanio amorfo preparado de un alquiltitanato o titanato de sodio con hidróxido de sodio o potasio en un autoclave a temperatura de 200°C a 600°C por varios días<sup>6</sup>.

La tabla 6 muestra las propiedades cristalográficas de los tres cristales.

TABLA 6

PROPIEDADES CRISTALOGRAFICAS DE ANATASA, BROKITA Y RUTILO

PROPIEDAD	ANATASA	BROKITA	RUTILO
Estructura Cristalina	Tetragonal	Ortorrómbica	Tetragonal

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

Optica	Uniaxial, negativa	Biaxial, positiva	Uniaxial, positiva
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	3.9	4.0	4.23
Dureza, mohs	5.5-6	5.5-6	7-7.5
Celda unitaria	D <sub>1</sub> a <sup>19</sup> 4.TiO <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> h <sup>15</sup> .8TiO <sub>2</sub>	D <sub>4</sub> h <sup>12</sup> .2TiO <sub>2</sub>
Dimensiones, nm			
a	0.3758	0.9166	0.4584
b	-	0.5436	-
c	0.9514	0.5135	2.953

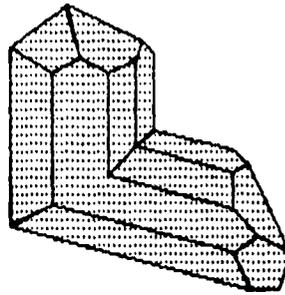
Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

Las figuras 1, 2 y 3<sup>7</sup> muestran las estructuras cristalinas que presentan las tres formas de Bióxido de Titanio.

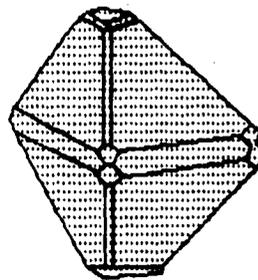
<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>7</sup> Clark R., *Gmelis handbuch. Der Anorganischem Chemie*. Titan N. 41. FRG: Verlag Chemie, 1959.

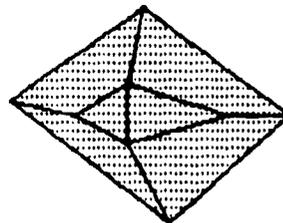
**FIGURA 1\***  
**CRISTAL RUTILO**



**FIGURA 2\***  
**CRISTAL ANATASA**



**FIGURA 3\***  
**CRISTAL BROKITA**



**\*FUENTE: Guía de Minerales y Rocas (Ref. 8)**

## 2.4 PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas del  $\text{TiO}_2$ , se describen a partir de sus formas cristalinas.

### RUTILO<sup>8</sup>.

Pertenece al sistema tetragonal, se le clasifica también como  $\alpha\text{-TiO}_2$ .

Este mineral presenta aspecto de cristales prismáticos alargados, a menudo estriados, a veces muy delgados y dispuestos en haces, incluidos incluso en otros minerales (como es el caso del cuarzo denominado "cabellos de venus") o bien, cruzados con un ángulo de  $60^\circ$  (sagenita), de color amarillo, rojo, oscuro, negro; son características de las maclas denominadas "en codo" y "en corazón".

Físicamente es muy duro, pesado, frágil y con exfoliación perfecta; normalmente es opaco o translúcido con brillo metálico, muy raras veces transparente con brillo adamantino, polvo pardusco. Inatacable por los ácidos.

En cuanto al ambiente de formación este es un mineral accesorio muy común de las rocas metamórficas o en los filones del cuarzo que las atraviesan; se concentra en arenas junto con otros minerales pesados.

---

<sup>8</sup> Mottana A., *Guía de minerales y rocas*. Barcelona Esp.: Grijalbo, 1980.

#### ANATASA<sup>a</sup>.

Clasificado como  $\beta$ -TiO<sub>2</sub>, tiene un aspecto de cristales bipiramidales muy agudos, raras veces pseudooctahédricos o tubulares (variedad octahedrita), de color negro metálico, amarillo miel, azul zafiro.

Físicamente es duro, pesado, perfectamente exfoliable; transparente o translúcido con brillo entre adamantino y submetálico; polvo de color claro. Insoluble.

Se forma en un ambiente de filones y fisuras de tipo alpino de bajas temperaturas, asociado a cuarzo, titanita, adularia, etc. Común en los perfiles de alteración húmica, en forma del primer óxido de titanio que se produce en condiciones sedimentarias metaestables.

#### BROKITA<sup>a</sup>.

También conocido como  $\Gamma$ -TiO<sub>2</sub>, que pertenece al sistema rómbico. Aspecto de cristales tubulares o laminares, a veces estriados verticalmente, de color entre pardo y negro.

Es duro, pesado, frágil e imperfectamente exfoliable, transparente o translúcido con brillo adamantino o submetálico; polvo de color amarillo claro o gris oscuro claro. Insoluble.

Se forma en filones y grietas de tipo alpino que cruzan neis y granitos; a veces también puede hallarse en rocas de contacto, común como mineral diamagnético en rocas sedimentarias.

---

<sup>a</sup> Mottana A., Guía de minerales y rocas. Barcelona Esp.: Grijalbo, 1980.

El rutilo y la anatasa son muy parecidos en algunas propiedades; en la gráfica 1 (que se complementa con la tabla 7) se puede observar la similitud en cuanto a propiedades térmicas.

TABLA 7  
CAPACIDAD CALORIFICA DE RUTILO Y ANATASA

RUTILO		ANATASA	
T, °C	Cp, cal/mol	T, °C	Cp, cal/mol
52.5	1.572	52.5	1.345
61.9	2.073	60.1	1.345
70.8	2.073	68.7	2.416
79.5	3.127	77.2	2.995
100.1	4.438	95.2	4.259
120.2	5.740	115.2	5.587
140.4	7.004	134.9	6.775
160.7	8.165	155.5	7.914
180.7	9.190	175.6	8.942
201.1	10.09	175.6	9.827
221.2	10.91	216.3	10.68
240.9	11.56	235.8	11.35
261.3	12.22	256.1	11.97

281.0	12.76	276.5	12.62
297.7	13.14	295.8	13.17
296.16	13.16	298.16	13.22

Fuente: Gmelis Handbuch<sup>7</sup>

También se pueden conocer propiedades de la anatasa o rutilo en función de la temperatura<sup>7</sup>:

Rutilo (298-1800K):

$$H_T - H_{298.16} = 17.44T + 0.00049T^2 + 359000/T - 6328$$

$$C_p = 17.14 + 0.00098 - 350000/T^2$$

Anatasa (298-1300):

$$H_T - H_{298.16} = 17.21T + 0.00054T^2 + 359000/T - 6383$$

$$C_p = 17.21 + 0.00108 - 359000/T^2$$

Las figuras 4 y 5 muestran las celdas cristalinas del rutilo y anatasa. Otras propiedades comparativas entre estos cristales se muestran en la tabla 8.

---

<sup>7</sup> Clark R., *Gmelis handbuch. Der Anorganischem Chemie*. Titan N. 41. FRG: Verlag Cheme, 1959.

TABLA 8  
RUTILO VS. ANATASA

PROPIEDAD	ANATASA	RUTILO
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	3.9	4.23
Dureza, mohs	5.5-6	7-7.25
Índice de refracción	2.55	2.73

Fuente: Dupont<sup>3</sup>

Las características que ofrece el índice de refracción serán ampliadas en el capítulo 2.9.1 Propiedades.

---

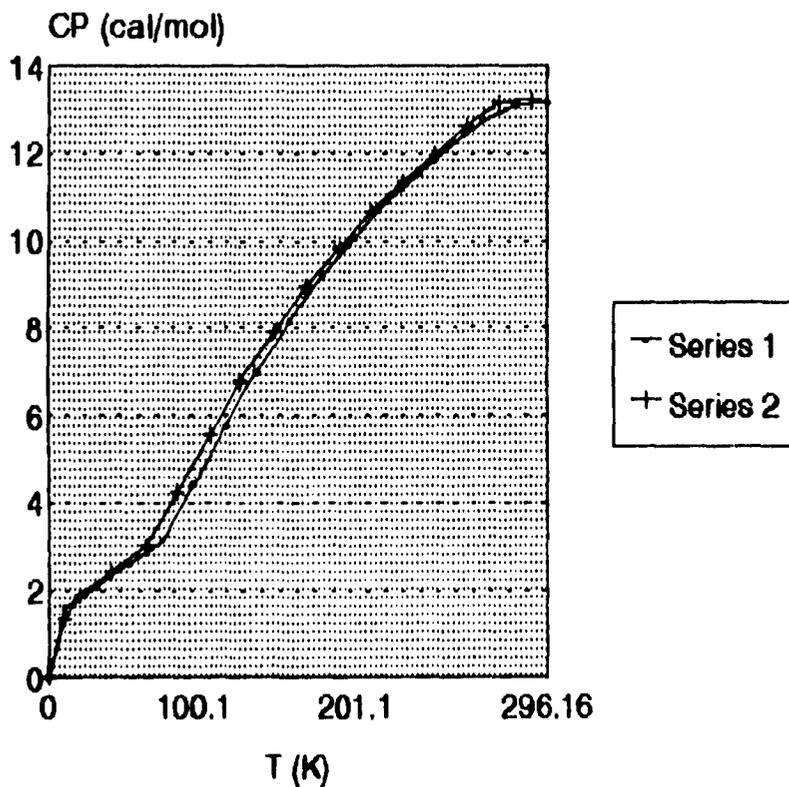
<sup>3</sup> DUPONT, Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

# GRAFICA 1.

## PROPIEDADES TERMICAS

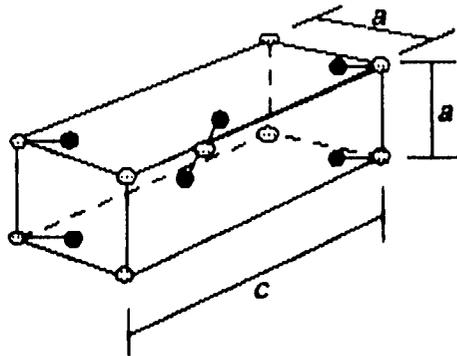
### CP vs T

---

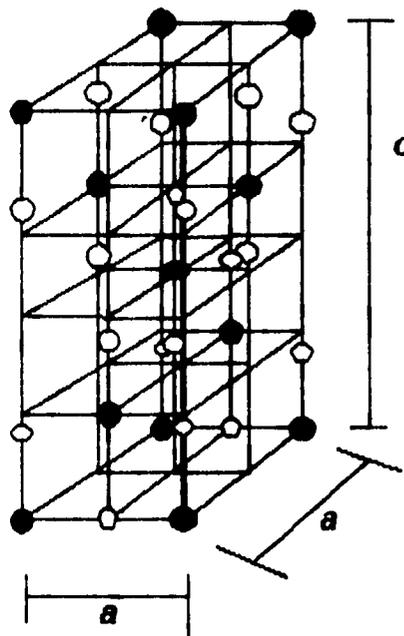


FUENTE: Gmelis Handbuch (Ref. 7)  
Serie 1: Anatasa  
Serie 2: Rutilo

**FIGURA 4\***  
**CELDA CRISTALINA**  
**RUTILO**



**FIGURA 5\***  
**CELDA CRISTALINA**  
**ANATASA**



\* FUENTE: Kirk Othmer (Ref. 4)

## 2.5 PROPIEDADES QUIMICAS

Térmicamente el Bióxido de Titanio es muy estable, descompone a 1855°C y es muy resistente al ataque químico<sup>6</sup>.

Las tres formas alotrópicas del Bióxido de Titanio se pueden obtener artificialmente pero sólo rutilo, térmicamente estable, se ha obtenido en forma de cristales largos transparentes. La transformación de la anatasa a rutilo es acompañada por la evolución de 12.6 kJ/mol (3.01 kcal/mol); pero la proporción de transformación es grandemente afectada por la temperatura y por la presencia de otras sustancias las cuáles pueden catalizar o inhibir la reacción. La más baja temperatura a la cuál se realiza la conversión de anatasa a rutilo es alrededor de 700°C, no es reversible y el cambio en la energía libre para el esta reacción es siempre negativo<sup>6</sup>.

La anatasa y la brokita son formas monotrópicas y se transforman en rutilo estable a una velocidad que aumenta con la temperatura. Para los minerales naturales en ausencia de mineralizadores, la brokita se transforma en rutilo por encima de 650°C, mientras la conversión de la anatasa a rutilo generalmente es alrededor de 915°C. Sin embargo, en presencia de fundentes adecuados la anatasa y la brokita se convierten en rutilo de 400 a 500°C que son temperaturas mucho más bajas<sup>4</sup>.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

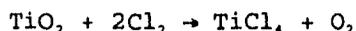
<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la Tecnología Química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de Titanio. Traducción al Español. México: UTHEA, 1965.

El bióxido de titanio es insoluble en agua, ácidos orgánicos, álcalis diluidos y en casi todos los ácidos inorgánicos<sup>4</sup>.

El hidrógeno y el monóxido de carbono lo reducen sólo parcialmente a altas temperaturas, formándose óxidos reducidos o mezcla de carburos<sup>6</sup>.

También reacciona con carbono y nitrógeno a temperaturas elevadas, formando carburos, nitruros y carbonitruros. Reacciona además con otros óxidos metálicos, formando los titanatos<sup>4</sup>.

La cloración sólo es posible si un agente reductor está presente. El equilibrio del sistema es<sup>6</sup>:



La reactividad del bióxido de titanio hacia la acidez depende mucho de la temperatura en la que fue calentado. Por ejemplo, el que ha sido preparado de una solución de Ti(IV) y calentado lentamente para eliminar agua, es soluble en ácido clorhídrico concentrado, pero el que ha sido calentado hasta 900°C, entonces su solubilidad en ácido es reducida considerablemente<sup>6</sup>.

El TiO<sub>2</sub> se disuelve en ácido sulfúrico concentrado en caliente, en ácido fluorhídrico, hidróxidos de sodio y potasio fundidos, así como carbonatos y boratos en agua<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la Tecnología Química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de Titanio. Traducción al Español. México: UTHEA, 1965.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

## 2.6 PROPIEDADES ELECTRICAS

El Bióxido de Titanio es ampliamente usado en las industrias: electrónica, plásticos y cerámica, por sus propiedades eléctricas (v. Cap. 2.9.3).

El rutilo es un semiconductor cuya conductividad específica aumenta rápidamente con incremento de la temperatura y es también muy sensible a cualquier deficiencia de oxígeno<sup>6</sup>; las propiedades eléctricas de este cristal se resumen en la tabla 9.

TABLA 9  
PROPIEDADES ELECTRICAS DEL RUTILO

PROPIEDAD	VALOR
Constante dieléctrica	
Polvo	114
Cristal	
Dirección a	170
Dirección c	86
Voltaje de ruptura, mV/m	15.2-17.8
Momento dipolar, C.mx10 <sup>-30</sup>	9.3-11.0
Pérdida tangencial	
Dirección a	0.0110-0.0002
Dirección c	0.35-0.0016

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

Conductividad Eléctrica, S/cm	
Cristal	
Dirección a	
30°C	10 <sup>-10</sup>
227°C	10 <sup>-7</sup>
Dirección c	
30°C	10 <sup>-13</sup>
227°C	10 <sup>-6</sup>
Susceptibilidad magnética	(0.078-0.089) x 10 <sup>-6</sup>

Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

Los electrodos con bióxido de titanio han sido estudiados para aprovechar su comportamiento fotoelectroquímico con impurezas de elementos de transición<sup>9</sup>.

Su reactividad fotoquímica se pretende usar en fotocatalisis en la producción de hidrógeno a partir de agua y 2-propanol y también para producir metano e hidrógeno a partir de ácido acético. Dicha reactividad se incrementa por platinización, la que se atribuye más bien a la formación de especies con Ti(III) que a la falta de un par electrónico<sup>10</sup>.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>9</sup> Goodenough J.B., Photo responses of pure and doped Rutile. *Am. Chem. Soc.* 186 (1980) 113-137.

<sup>10</sup> Davidson S., A comparison of the photochemical reactivity of pollicristaline (anatase), amorphous and colloidal forms of titanium dioxide. *J. of Photochemistry*, 24 (1984) 27-35.

## 2.7 OBTENCION

El Bióxido de Titanio químicamente puro se obtiene a partir de tetracloruro de titanio que haya sido obtenido por repetidas destilaciones. El tetracloruro de titanio se hidroliza en solución acuosa resultando el precipitado de bióxido de titanio al que debe secarse, lavarse y posteriormente calcinarse para quitarle el cloro y el agua.

Otro método mediante el cuál se obtiene una alta pureza es usando silica y magnesio, con un contenido de  $10^{-5}\%$  en peso de fierro. Este método involucra la precipitación de tetracloruro de titanio como Bióxido de Titanio hidratado, conversión del precipitado a doble oxalato, recristalización de éste usando metanol y subsecuente calcinación<sup>6</sup>.

Puede prepararse también por precipitación con hidróxido de amonio de una solución de hexaclorotitanato de potasio; esta sal previamente purificada por recristalización. A partir de isopropil titanato puede ser otro punto de partida ya que puede obtenerse alta pureza mediante repetidas destilaciones; esto es hidrolizando a ebullición con agua y el Bióxido de Titanio hidratado es entonces, lavado, secado y calcinado<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.; John Wiley & Sons Inc., 1985.

## 2.8 USOS Y APLICACIONES

El mayor uso que se ha encontrado en el Bióxido de Titanio es sin duda en la elaboración de pigmentos, esto es tratado en posteriores capítulos (Véase Cap. 2.9).

El Bióxido de Titanio no pigmentario se obtiene en un tamaño de partícula más fino o más grueso que el del producto para pigmento. Si el tamaño de partícula es más grueso sus ventajas son<sup>4</sup>:

- mayor facilidad de manejo,
- menor formación de polvo,
- se mezcla con facilidad en otros productos,
- se puede controlar su contracción al calentarse en fuego como cuerpo cerámico.

Así, uno de los mayores usos que se le da es en esmaltes porcelánicos; donde es usado en grandes cantidades, muy puro y muy grueso, dándole resistencia a los ácidos en el esmalte. Además su excelente propiedad de opacidad permite usar dicho esmalte en capa finas, aumentando la resistencia a la flexión, ahorrando costo y peso<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER, *Enciclopedia de la Tecnología Química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de Titanio. Traducción al Español. México: UTHEA, 1965.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

El segundo uso más importante de tipo cerámico es en componentes de equipo electrónico. En instalaciones de radio y televisión son muy usados los condensadores de Bióxido de Titanio y por su eficiencia son muy usados en unidades en miniatura, como audífonos para sordos. Los componentes eléctricos se fabrican por compresión del polvo de rutilo muy puro en forma deseada y calentando luego la pieza prensada hasta sinterizar las partículas. Como la humedad es perjudicial a las propiedades eléctricas de la mayoría de los materiales, las piezas se calientan a fuego a alta temperatura, eliminando porosidades. Muchas veces se agregan aditivos al Bióxido de Titanio para cambiar sus propiedades eléctricas o sus propiedades de elaboración<sup>6</sup>.

En recubrimientos de varillas de soldadura se usa el mineral rutilo como aditivo y como ingrediente en la manufactura de fibra de vidrio. El producto natural se puede usar ya que las impurezas de hierro no perjudican al producto acabado. Tan solo en 1980, 6251 toneladas de Bióxido de Titanio se utilizaron con este fin en Estado Unidos<sup>6</sup>.

En la producción de cristales grandes de rutilo, los que se forman haciendo caer una a una partículas de Bióxido de Titanio por una llama oxhídrica y dejando que las gotitas fundidas caigan sobre un pedestal móvil. Al retirar de la zona caliente del horno del pedestal el material fundido se solidifica en la forma de un monocristal. Estos cristales llegan a crecer hasta un peso de unos 20 gramos. Su uso principal es como materia de gemas

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

sintéticas; el alto índice de refracción le dan al material resultante mucho brillo. Este proceso es similar al de Verneuil que se utiliza para fabricar zafiros y rubíes sintéticos<sup>6</sup>.

Otro uso que se le da es como catalizador, ya sea como el agente activo o como el soporte inerte del catalizador. La oxidación catalítica del o-xileno a anhídrido ftálico usando una mezcla de  $TiO_2$  y pentóxido de vanadio como catalizadores en base inerte como lo establece el proceso comercial. Estos mismos agentes se han usado para la reducción de óxidos de nitrógeno en gases de escape en máquinas de combustión interna. El Bióxido de Titanio también es usado como detector de oxígeno al monitorear motores de automóviles. La regeneración del detector controla la proporción aire-combustible, dando un uso óptimo bajo al funcionamiento<sup>6</sup>.

El Bióxido de Titanio impregnado con metales preciosos como platino, rodio, rutenio o níquel, es usado en la síntesis de Fischer-Tropsch para obtener hidrocarburos del monóxido de carbono e hidrógeno<sup>6</sup>. También se usa como catalizador en fotocatalisis para producir hidrógeno a partir de agua<sup>10</sup>.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>10</sup> Davidson S., A comparison of the photochemical reactivity of pollicristaline (anatase), amorphous and colloidal forms of titanium dioxide. *J. of Photochemistry*, 24 (1984) 27-35.

Numerosas reacciones donde el Bióxido de Titanio es usado como catalizador se siguen desarrollando para oxidación de ácido sulfhídrico a bióxido de azufre, deshidratación de alcoholes, metilación, isomerización y alquilación, etc<sup>6,9</sup>.

En pinturas para decoración los tres pigmentos blancos opacos más usados que se usan son: a) con base plomo, como el  $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$ , b) óxido de zinc, zinc blanco y Bióxido de Titanio. De éstos tres, el primero contiene un metal tóxico, el segundo no ofrece buenos blancos para acrílico pero de la mezcla de blanco de zinc con blanco de titanio se obtiene un pigmento aceitoso muy usado, el bióxido de titanio además ofrece buenas ventajas al ser usado como pigmento<sup>11</sup>.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>9</sup> Goodenough J.E., Photo responses of pure and doped Rutile. *Am. Chem. Soc.* 186 (1980) 113-137.

<sup>11</sup> ULLMANN'S, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Cap. Fibers 4, Artist colors. F.R.G.: VCH, 1988.

## 2.9 PIGMENTOS DE BIOXIDO DE TITANIO

El alto índice de refracción, escasa absorción de la luz visible, facilidad para controlar el tamaño de grano, su estabilidad y no tóxico, son algunas de las razones por las que el Bióxido de Titanio es un pigmento que se produce a gran escala en el mundo (Véase 2.9.5).

Estos pigmentos se producen en dos grados: anatasa y rutilo, éstos nombres indican que el cristal posee la misma estructura cristalina como la presentan en forma mineral pero no necesariamente se obtienen de éstos minerales<sup>6</sup>.

A continuación se describen propiedades, manufactura y usos de estos pigmentos.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

### 2.9.1 PROPIEDADES

#### INDICE DE REFRACCION.

El índice de refracción (IR) es la proporción de la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en la sustancia, mientras mayor sea la diferencia entre el índice de refracción del pigmento y el medio en el que se encuentra disperso, mayor será la desviación de la luz. Esta es una propiedad fundamental y aprovechable del Bióxido de Titanio. En las Tablas 10 y 11 se hace una comparación de esta propiedad del Bióxido de Titanio con otros pigmentos blancos y vehículos de pinturas comerciales.

TABLA 10  
INDICE DE REFRACCION (I.R.) DE ALGUNOS PIGMENTOS USADOS EN LA  
MANUFACTURA DE PINTURAS

PIGMENTOS BLANCOS	I.R.
Tierra diatomacea	1.45
Sílice	1.45-1.49
Carbonato de calcio	1.63
Barita	1.64
Caolín	1.65
Silicato de magnesio	1.65
Litopón	1.84

Oxido de zinc	2.02
Oxido de antimonio	2.09-2.29
Sulfuro de zinc	2.37
Bióxido de titanio (anatasa)	2.55
Bióxido de titanio (rutilo)	2.73

Fuente: Dupont<sup>3</sup>

TABLA 11  
INDICE DE REFRACCION (I.R.) DE VEHICULOS USADOS EN LA  
MANUFACTURA DE PINTURAS

VEHICULOS O MEDIOS	I. R.
Vacío	1.0000
Aire	1.0003
Agua	1.3330
Resina de acetato de polivinilo	1.47
Aceite de soya	1.48
Aceite de linaza refinada	1.48
Resina vinílica	1.48
Resina acrílica	1.49

<sup>3</sup> DUPONT. Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i].

Aceite de tung	1.52
Alquidal de soya oxidante	1.52-1.53
Resina de estireno-butadieno	1.53
Alquidal/melamina/urea 70/15/15	1.54
Alquidal/melamina 75/25	1.55

Fuente: Dupont<sup>3</sup>

Los pigmentos a base de Bióxido de Titanio son insolubles en los vehículos en los cuáles se encuentran dispersos, por lo tanto el desempeño en las propiedades químicas, fotoquímicas y características físicas están determinadas principalmente por el tamaño de partícula del pigmento y la composición química de su superficie; ambos factores pueden ser modificados.

Velocidad de la luz en el vacío

IR = -----

Velocidad de la luz en la sustancia

---

<sup>3</sup> DUPONT. Típure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i].

Las figuras 6 y 7 muestran como el índice de refracción afecta la dispersión y la capacidad para desviar el trayecto de la luz en distintas películas de pintura blanca esto es, con alto y bajo índice de refracción; donde se observa que el primero desvía más la luz que en el segundo, teniendo como resultado que la luz que entra a la película de pintura viaja una menor distancia y penetra profundamente.

#### Refracción y Difracción.

El Bióxido de Titanio así como otros pigmentos blancos reflejan la luz de manera difusa. Mientras mayor sea la cantidad de pigmento blanco en una película de pintura por ejemplo; casi toda la luz que incide será reflejada pues sólo una pequeña cantidad es absorbida por el vehículo o pigmento y la película de pintura aparecerá opaca, blanca y brillante<sup>12</sup>.

Refracción: cuando un rayo de luz incide en la partícula dentro de una película de pintura, es desviado porque la luz viaja más despacio a través del pigmento de alto índice de refracción, que en el vehículo en el que el pigmento está disperso y que es de bajo índice de refracción<sup>12</sup>. (v. fig. 8).

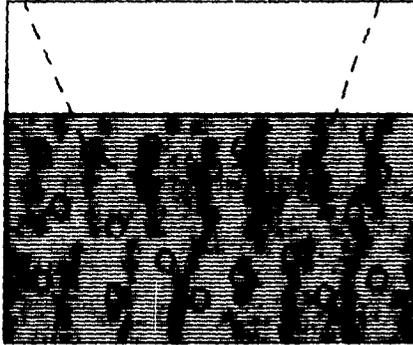
Difracción: la luz que pasa cerca de una partícula de  $TiO_2$ , es desviada y seguirá siendo desviada en muchas direcciones<sup>12</sup>. (v. fig. 9).

---

<sup>12</sup> Harold B.C., *Teatrise on Coatings. Pigments Part I, Titanium Dioxide Pigments*. Vol. 3. U.S.A.: Maral Dekker, 1975.

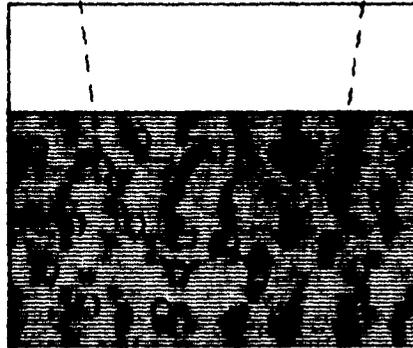
**FIGURA 6\***

**ALTO INDICE DE  
REFRACCION  
EN PELICULA  
DE PIGMENTO**

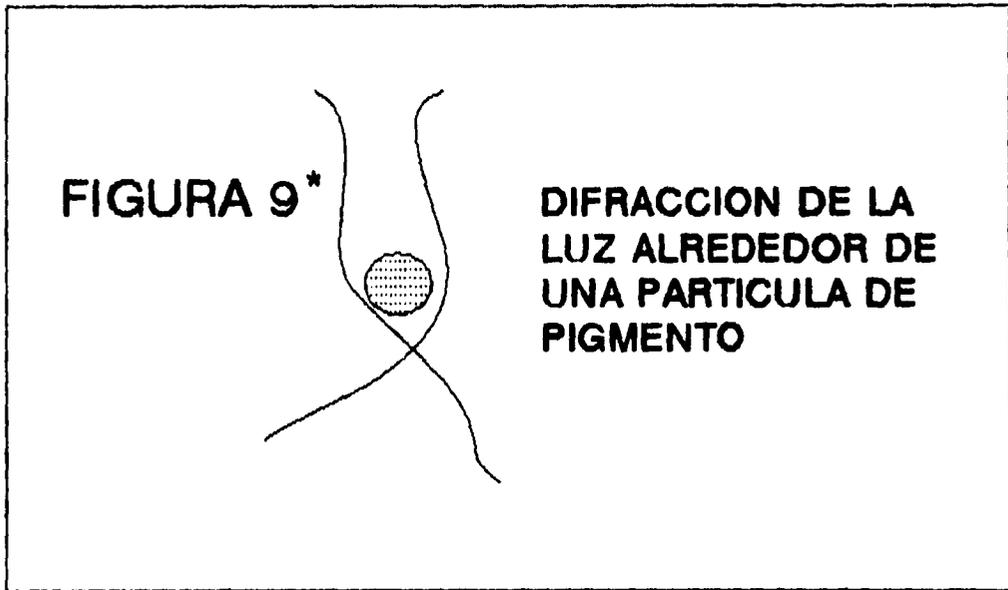
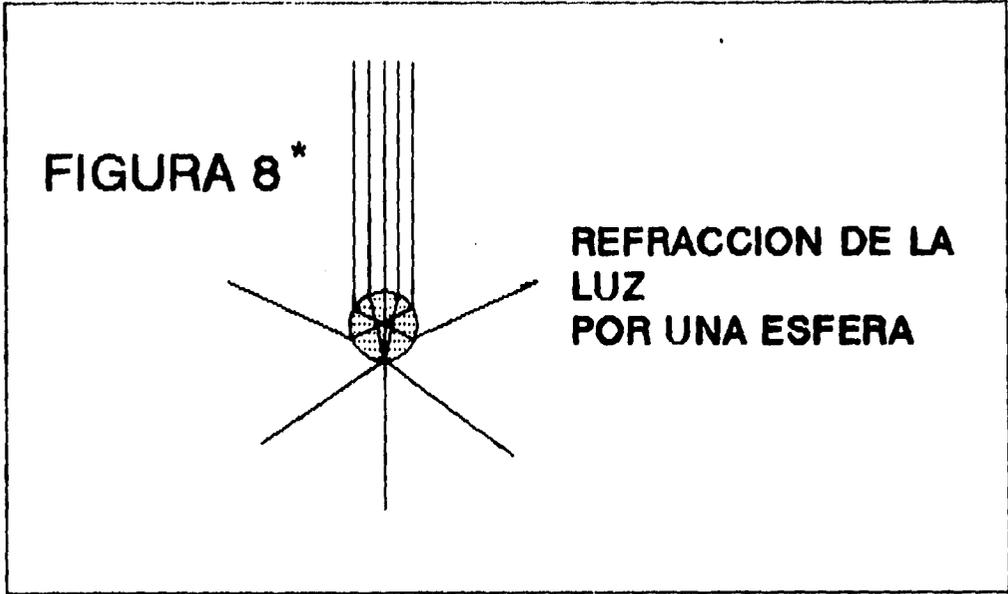


**FIGURA 7\***

**BAJO INDICE DE  
REFRACCION  
EN PELICULA  
DE PIGMENTO**



**\* FUENTE: Dupont (Ref 3)**



\*FUENTE: Dupont (Ref. 3)

Poder cubriente y poder tintóreo.

El cubrimiento ocurre cuando se reduce la penetración de la luz incidente a través de una capa de pintura por ejemplo, ya sea por desviación debida principalmente al  $TiO_2$ , o por absorción debido a la presencia de material colorido, o por ambos. La figura 10 ilustra el poder cubriente completo e incompleto<sup>12</sup>.

El poder tintóreo describe la contribución del  $TiO_2$ , a la desviación de la luz, en relación con la capacidad de un pigmento para absorber la luz cuando una pintura blanca se colorea 50 o 60% de reflectancia con pigmento verde, azul o negro. Cuando ni el  $TiO_2$ , ni el pigmento coloreado se floculan el mayor poder cubriente del  $TiO_2$ , también produce el color más claro y la mayor reflectancia en una pintura coloreada<sup>12</sup>.

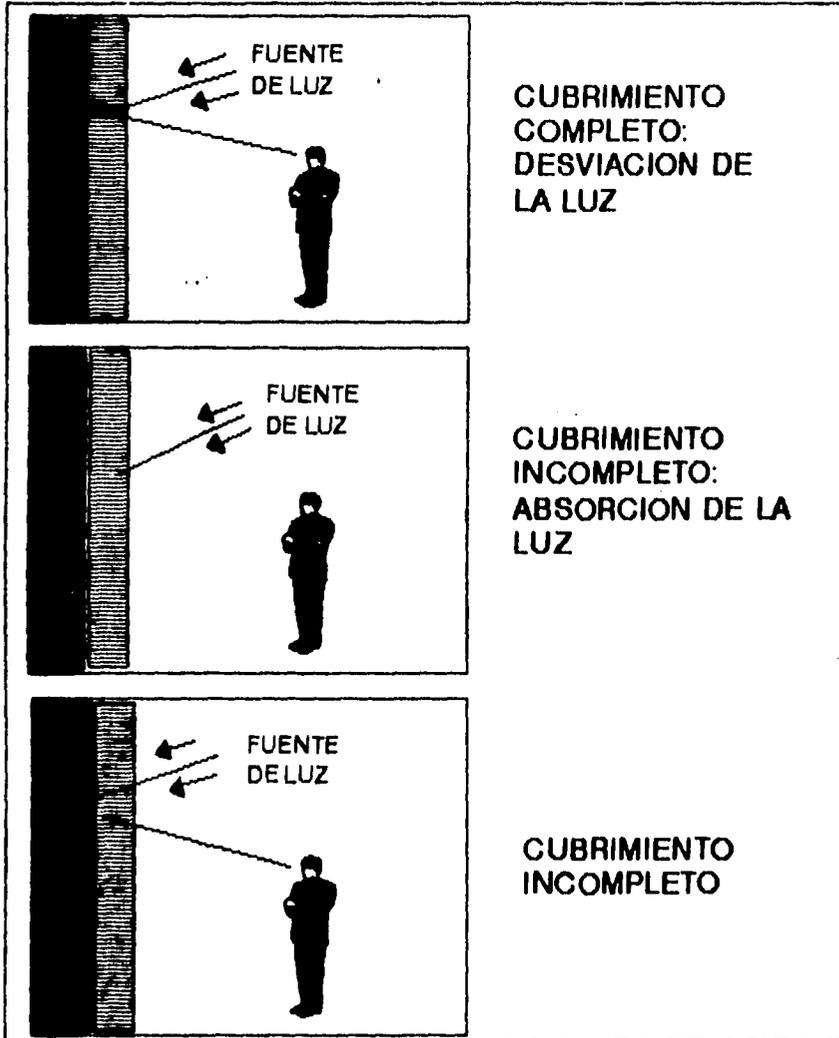
Color.

El color inherente del pigmento de  $TiO_2$ , cuando es utilizado solo en un vehículo incoloro, a un cubriente completo, es independiente del subtono. Existen muchas causas que provocan efectos indeseables de color, como la contaminación, excesiva exposición al calor, poder cubriente inadecuado, etc. Los indicadores más usados para describir el color de las pinturas blancas son la blancura y el amarillamiento<sup>12</sup>:

---

<sup>12</sup> Harold B.C., *Teatrise on Coatings. Pigments Part I, Titanium Dioxide Pigments*. Vol. 3. U.S.A.: Maral Dekker, 1975.

**FIG. 10. OPACIDAD DE UNA PELICULA DE PINTURA**



**Fuente: Dupont (Ref 3)**

Blancura = Reflectancia con filtro verde.

$$\text{Amarillamiento} = \frac{\text{Reflectancia ámbar} - \text{Reflectancia azul}}{\text{Reflectancia verde}}$$

#### Subtono.

Es la contribución del  $\text{TiO}_2$  al color de una pintura coloreada. Es función del tamaño de partícula, la cantidad de dispersión y el contenido del pigmento<sup>12</sup>.

Normalmente el subtono se describe como la relación entre la reflectancia azul y roja de las pinturas grises o de las dispersiones de  $\text{TiO}_2$  y negro de humo en aceite de silicón. Los grados que contienen partículas de  $\text{TiO}_2$  (0.2 micras) dispersan la luz de manera más efectiva que los grados con partículas de mayor tamaño (0.25 micras). Es por esto que tienen un subtono más azulado<sup>12</sup>.

#### Brillo.

Su evaluación puede ser algo no objetivo, los problemas que lo afectan son de manufactura (tipo de molino, finura de dispersión), almacenamiento (mala reincorporación de partículas gruesas asentadas), aplicación (contaminación con polvo), etc<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Harold B.C., *Teatrise on Coatings. Pigments Part I, Titanium Dioxide Pigments. Vol. 3. U.S.A.: Maral Dekker, 1975.*

Para el caso de las pinturas, otras propiedades además de las ya mencionadas son: dispersión, floculación, resistencia a la intemperie y resistencia al caleo donde estas al igual que las propiedades ya desarrolladas cuentan con pruebas y normas para establecer bien la propiedad<sup>12</sup>.

La industria de los plásticos a su vez demanda un conjunto de propiedades de estos pigmentos para manufacturar productos terminados blancos o coloreados: opacidad, poder tintoreal, blancura, resistencia al amarillamiento, dispersabilidad y en algunas aplicaciones demandan también resistencia a la exposición al exterior o intemperie<sup>12</sup>.

En la industria del papel los pigmentos de Bióxido de Titanio ofrecen alta opacidad, facilidad de dispersión, mínima viscosidad, tersura y brillo, principalmente; tanto en adición a pulpa como en recubrimientos<sup>13</sup>.

Para la industria de las tintas estos pigmentos ofrecen excelente brillo, opacidad a tintas para retrograbado, flexografía base solvente y oleorresinosas, principalmente<sup>12</sup>.

Otras industrias que van seleccionando sus propiedades de acuerdo al uso final de su producto son: hule, textil, y cerámica; entre los más publicados<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Harold B.C., *Teatrise on Coatings. Pigments Part I, Titanium Dioxide Pigments*. Vol. 3. U.S.A.: Maral Dekker, 1975.

<sup>13</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

## 2.9.2 PROCESOS DE FABRICACION

Los pigmentos de bióxido de titanio se producen por dos procesos: el sulfato y el cloruro. En el primero el paso esencial es la hidrólisis bajo condiciones controladas con cuidado de una solución ácida de sulfato de titanio seguida por calcinación del precipitado. En el segundo, el paso esencial es el quemado de tetracloruro de titanio en oxígeno para obtener bióxido de titanio y cloro. En ambas rutas el mineral de titanio reacciona en solución en ácido sulfúrico y por cloración en presencia de un agente reductor<sup>6</sup>.

Materia prima.

La materia prima esencial en ambos procesos es el mineral que contiene titanio, que son la ilmenita y el rutilo<sup>6</sup>.

Idealmente la ilmenita es titanato de hierro  $\text{FeO}\cdot\text{TiO}_2$  o  $\text{FeTiO}_3$ , aunque normalmente contiene hierro metálico. La tabla 12 Y 13 muestran la composición típica de algunas ilmenitas.

La ilmenita puede encontrarse asociada con otros minerales, como es el caso del depósito cercano a Lake Allard en Canada, donde está asociada con hematita y los dos no pueden ser separados mecánicamente. En este caso se funde para obtener hierro y escoria la que es muy rica en titanio y puede así procesarse<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

TABLA 12  
COMPOSICION DE ILMENITA (% EN PESO)

	Norue ga	Nueva York	Flo- rida	Oeste Aus- tra- lia	Mala- sia	Fin- lan- dia	India
TiO <sub>2</sub>	43.8	44.5	64.1	54.3	52.6	44.0	59.8
FeO	34.6	36.7	4.7	23.6	34.3	39.4	10.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.7	6.5	25.6	18.5	6.5	9.1	24.8
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.01	0.01	0.06	0.02	0.01	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.06	0.21	0.07	0.10	0.08	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2	2.0	1.5	0.4	1.3	0.1	1.1
SiO <sub>2</sub>	1.9	3.6	0.3	0.5	0.7	2.0	1.0
ZrO <sub>2</sub>	0.01	0.02	0.10	0.04	0.1	0.01	0.5
CaO	0.5	0.5	0.13	0.01	0.1	0.85	0.15
MgO	3.2	2.4	0.35	0.1	0.1	1.8	0.8
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> COMPONENTE	0.2	0.18	0.24	0.03	0.04	0.3	0.25
MnO	0.33	0.4	1.35	1.7	2.6	0.8	0.48
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.01	-	0.16	0.27	0.01	0.17

Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

TABLA 13

ANALISIS DE RUTILO E ILMENITA BENEFICIADA

COMPONEN TE	RUTILO			ILMENITA BENEFICIADA				
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
TiO <sub>2</sub>	96.0	95.4	95.7	71.5	85.5	92.4	96.1	92.1
Ti, (I)	-	-	-	9.7	31.4	-	-	-
Fe, (J)	-	-	-	0.5	0.2	-	-	-
FeO	-	-	-	11.5	10.8	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.7	0.7	0.9	-	-	2.5	1.7	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	0.1	0.23	0.18	0.22	0.07	0.5	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.02	0.04	0.01	0.01	0.07	0.17	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.15	0.65	0.2	4.4	1.2	0.7	0.46	1.4
SiO <sub>2</sub>	1.0	1.75	0.7	4.0	1.6	1.0	0.15	0.85
ZrO <sub>2</sub>	0.5	0.65	1.0	0.06	0.1	0.65	0.15	0.15
CaO	0.02	0.05	0.01	0.7	0.07	0.01	0.01	0.06
MgO	0.02	0.03	0.01	5.3	0.9	0.02	0.07	0.02
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5	0.46	0.67	0.57	0.5	0.01	0.2	0.19
MnO	0.02	0.01	0.01	0.2	1.6	0.04	0.03	1.0
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.45	0.32	0.21	0.01	0.13	0.51	0.25	0.41

Notas:

- (A) Este de Australia.
- (B) Sur de Africa.
- (C) Sierra Leona.
- (D) QIT.
- (E) Richards Bay.
- (F) Benolite.
- (G) Rupaque.
- (H) Oeste de Australia.
- (I) Titanio trivalente como porcentaje del  $TiO_2$ .
- (J) Hierro metálico.

Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

A continuación se describen los procesos sulfato y cloruro de elaboración de Bióxido de Titanio, que son los procesos comerciales para obtener dicho producto.

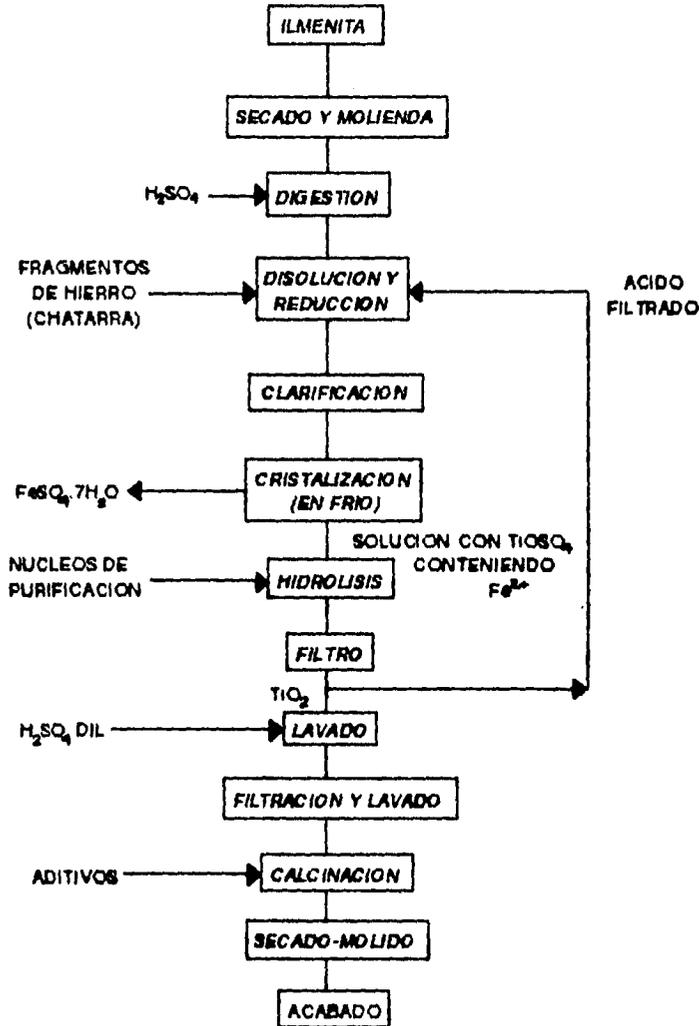
#### PROCESO SULFATO.

Se comercializó en 1931 produciendo  $TiO_2$ , anatasa y posteriormente, en 1941 cristales rutilo. Entre sus principales operaciones estan: a) digestión y disolución del mineral, b) clarificación de la solución, c) hidrólisis para precipitar óxido de titanio hidratado, d) filtración y lavado del óxido hidratado, e) calcinación y f) acabado. La figura 11 ilustra este proceso.

---

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

# FIGURA 11. PROCESO SULFATO



Fuente: KIRK OTHMER (Ref. 4)

a) Digestión y disolución del mineral.

El mineral que contiene titanio se disuelve en ácido sulfúrico para formar los sulfatos solubles de hierro y titanio. Esta reacción podría escribirse<sup>1</sup>:



Existen dos tipos de digestión que son la continua y la intermitente. La primera se usó en Inglaterra pero actualmente se ha abandonado. En la segunda la ilmenita llega como arena beneficiada, es decir, como roca desintegrada al tamaño de arena con un .5% de humedad que se seca en un horno rotatorio continuo, ya seco se alimenta a un molino de anillos o a un molino continuo de bolas revestido de acero donde se muele en polvo fino<sup>4</sup>.

El tanque de digestión es de fondo cónico donde primero se alimenta el ácido sulfurico concentrado y se agita con aire. Se agregan al ácido la ilmenita molida y una pequeña cantidad de trióxido de antimonio durante un periodo de 15 a 30 minutos sin dejar de agitar con aire durante todo este tiempo. Una formula de un lote típico es 25 000 kg de acido sulfúrico de 66°Bé, 20 000 kg de ilmenita y 87.5 kg de óxido de antimonio<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> DUPONT. *Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas.* (folleto informativo), [s.p.i.].

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química.* Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

La mezcla se calienta con vapor directo hasta 110-120°C y se agrega suficiente agua (365 l) para diluir la concentración del ácido a 90%, esta reacción es exotérmica. La mezcla pasa a ser una pasta y por último se convierte en una masa seca relativamente sólida. Se agrega agua o solución ácida diluida y se disuelve la torta cuidando la temperatura y concentración. La solución de los sulfatos de titanio y de hierro obtenida se trata con chatarra de hierro (2 000 kg aprox.) para reducir el hierro de férrico a ferroso, en esta etapa del proceso la solución contiene alrededor de 120-130 g  $TiO_2$ /litro y 250-300 g  $FeSO_4$ /litro<sup>4</sup>.

b) Clarificación. La solución además de contener titanio y hierro disueltos también tiene ilmenita y materia silíceas sin reaccionar que quedan en suspensión. Estos sólidos se eliminan de la solución por adición de coagulantes y subsiguiente sedimentación. Los coagulantes son generalmente sulfhidrato sódico y cola<sup>4</sup>.

Se decanta el líquido clarificado y el residuo lodoso se bombea por el fondo del tanque de sedimentación y se filtra para recuperar la solución de sulfato de titanio que se devuelve al sistema de disolución. La solución clarificada se bombea a un cristalizador en vacío y se enfría a unos 10°C para cristalizar una gran proporción del hierro en forma de caparrosa:  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . La solución en esta etapa contiene 140-150 g  $TiO_2$ /litro, 120-150 g  $FeSO_4$ /litro y 280-330 g  $H_2SO_4$ /litro. La solución filtrada se

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

concentra a presión reducida en un evaporador continuo de plomo hasta aproximadamente 200-250 g TiO<sub>2</sub>/litro; este nivel de concentración depende hasta cierto grado del método de hidrólisis que se emplee a continuación para precipitar el óxido de titanio<sup>4</sup>.

c) Hidrólisis. Aquí se convierte el sulfato de titanilo en un óxido de titanio hidratado insoluble. La reacción que se lleva a cabo es<sup>3</sup>:



Esta es una operación crítica cuyos objetivos son: controlar rigurosamente la concentración de la solución y la razón entre el ácido sulfúrico y el bióxido de titanio en solución, controlar la temperatura y velocidad de calentamiento de la solución, mantener una pequeña concentración de sulfato titanoso en la solución durante la hidrólisis impidiendo la oxidación del sulfato ferroso y adicionar o formar núcleos en la solución para acelerar y regular la velocidad de la hidrólisis; algunos métodos de nucleación son el de Blumenfeld donde los núcleos se preparan in situ, y el de Mecklenburg en el que los núcleos se preparan por separado y se agregan a la solución que va a hidrolizarse<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

<sup>3</sup> DUPONT. *Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas*. (folleto informativo), [s.p.i].

d) Filtración y lavado. El óxido de titanio hidratado precipitado se pasa por bombeo desde el tanque de hidrólisis a un tanque de enfriamiento y desde ésta a una batería de filtros. Se emplea un filtro rotatorio o de hoja prerevestida en la primera etapa para separar el grueso del sulfato de hierro en solución y otra porción grande de ácido sulfúrico. La torta del filtro se lava y se prepara nuevamente para filtrarse de nuevo; esta filtración y lavado son de cuidado ya que puede alterarse el color del producto final<sup>4</sup>.

Para eliminar los últimos vestigios de hierro se le agrega ácido sulfúrico diluido a la torta, se calienta la papilla con sulfato titanoso o con polvo de zinc para reducir el posible hierro férrico presente, se filtra y se lava en una segunda batería de filtros rotatorios<sup>4</sup>.

e) Calcinación. La torta del filtro que aún contiene ácido sulfúrico adsorbido se trata con varios agentes de acondicionamiento antes de la calcinación en un horno rotatorio. Ya durante la calcinación la cuál se lleva a cabo a una temperatura de hasta 1000°C, se desprenden agua y ácido sulfúrico aumentando el tamaño de partícula de los cristales de óxido de titanio y el índice de refracción sube desde 1.75 para el óxido hidratado hasta 2.5 para el cristal de anatasa y 2.7 para el cristal de rutilo aumentando la opacidad del pigmento<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

Los óxidos de titanio hidratados precipitados de soluciones de sulfato de ilmenita con los métodos de nucleación Blumenfeld o Mecklenburg tienen estructura de anatasa. Si el grado que se desea es el anatasa, se controlan las operaciones sucesivas del proceso (calcinación y acabado) para conservar esta estructura de cristal. Para obtener el grado rutilo es necesario agregar semillas promotoras de rutilo y sales de zinc y magnesio acelerando la conversión de anatasa base rutilo, esto se hace en esta etapa de calcinación. Los núcleos de rutilo se obtienen a partir de una solución de cloruro de titanio o de dispersiones de ácido ortotitánico o de titanatos alcalinos en ácido clorhídrico. Pueden tener estructura de anatasa o de rutilo y se caracterizan por su facultad para promover la conversión de los óxidos hidratados de grado anatasa en rutilo al calcinar los hidrolizados a temperaturas relativamente bajas (800-900°C). Las semillas promotoras de rutilo pueden sustituir a los núcleos de los tipos Blumenfeld o Mecklenburg, o usarse en unión de éstos en la hidrólisis o también incorporarse a los hidrolizados de anatasa normal antes de la calcinación<sup>4</sup>.

Por lo tanto, la estructura del cristal anatasa o rutilo se controla por la nucleación y la calcinación.

f) Acabado. De esta se hablará posteriormente ya que es la misma para ambos procesos de fabricación del  $TiO_2$ .

---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

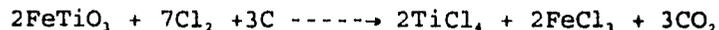
## PROCESO CLORURO.

Se introdujo de manera comercial en 1958 por Dupont en Estados Unidos para producir únicamente  $\text{TiO}_2$ , rutilo, pero a partir de 1975 este proceso se ha utilizado para producir también anatasa. Las principales operaciones de este proceso son: a) cloración, b) purificación, c) oxidación, d) neutralización y e) acabado. La figura 12 ilustra este proceso.

a) Cloración. El rutilo o la ilmenita con alto grado en contenido de titanio se alimenta a un reactor junto con coque en pedazos<sup>14</sup>.

La mezcla se calienta hasta  $650^\circ\text{C}$  mientras se mantiene en un estado fluidizado por aire en un reactor principal. Se comienza a introducir el cloro gaseoso que reemplaza el vapor de aire, ocurriendo una reacción exotérmica en la cuál se forma el tetracloruro de titanio y bióxido de carbono, productos que ahora se encuentran en una mezcla en estado gaseoso<sup>14</sup>.

La reacción que ocurre es<sup>1</sup>:

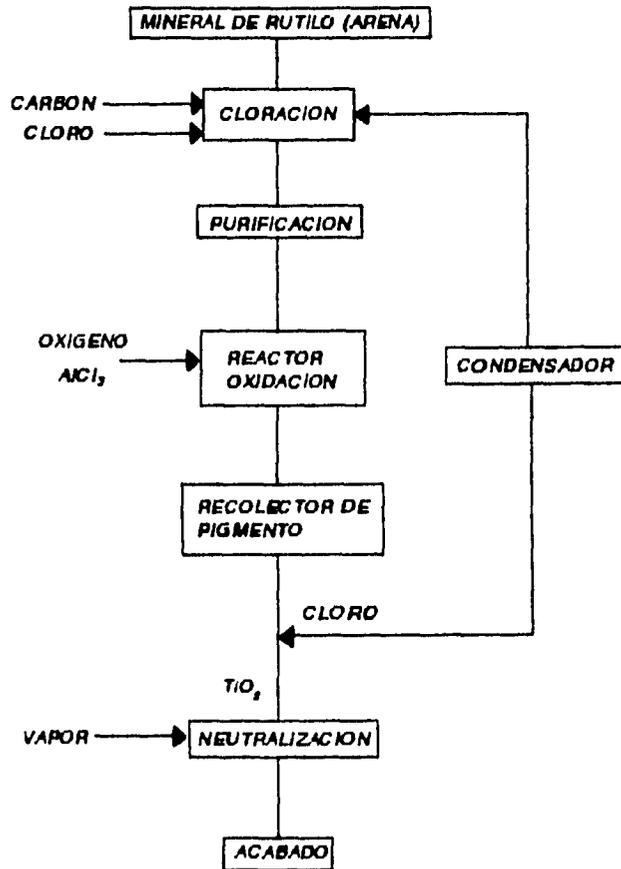


---

<sup>14</sup> O'Sullivan D., Tioxide advances  $\text{TiO}_2$  technology. C&EN, June 10 (1991) 33-34.

<sup>1</sup> DUPONT. Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

# FIG.12 PROCESO CLORURO



Fuente: KIRK OTHMER (Ref. 4)

b) Purificación. Le preceden una serie de pasos de enfriamiento durante los cuales los contaminantes sólidos se precipitan y se separan. El tetracloruro de titanio líquido se purifica mediante destilación<sup>14</sup>.

c) Oxidación . El  $TiCl_4$ , altamente purificado en estado de vapor y un gas que contiene oxígeno se alimentan al reactor de oxidación y se tratan a alta temperatura con formación de llama; existen varias formas para que se lleve a cabo esta operación pues se han concedido diversas patentes desde 1949, en algunos casos se produce una llama auxiliar por combustión de monóxido de carbono o de un hidrocarburo gaseoso y un gas que contenga oxígeno<sup>4</sup>.

Una forma es la de pasar el tetracloruro de titanio precalentado y un gas con oxígeno en los espacios anulares interiores de un quemador de muchos tubos y quemando la mezcla en contacto con una llama auxiliar obtenida por el paso de un gas combustible y un combustible oxidante auxiliares por los espacios anulares exteriores del quemador. En otra forma se introduce el haluro en forma de vapor y aire en una capa anular de llama derivada de la combustión de un hidrocarburo gaseoso y oxígeno en exceso; así hay suficiente combustible que asegura la hidrólisis de todo el haluro hidrolizable<sup>4</sup>.

---

<sup>14</sup> O'Sullivan D., Tioxide advances  $TiO_2$  technology. C&EN, June 10 (1991) 33-34.

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

La tecnología que actualmente usan compañías líderes como Tioxide<sup>14</sup> se basan en un controlado ambiente en el punto central del plasma, donde el tetracloruro de titanio interactúa extremadamente rápido con el oxígeno para producir TiO<sub>2</sub> de alta pureza. La temperatura en el plasma se mantiene entre 1500 y 2000°C.

La reacción que ocurre es<sup>1</sup>:



La adición de cloruro de aluminio al tetracloruro de titanio comunica propiedades deseables al bióxido de titanio que se obtiene, entonces procede al recolector de pigmento. El paso de oxidación en este proceso permite un mejor control de la distribución del tamaño de la partículas y del tipo de cristal lo que hace posible producir TiO<sub>2</sub> con alto poder cubriente, excelente poder tintóreo y blancura<sup>1</sup>.

d) Neutralización. Uno de los subproductos del paso de oxidación es cloro, que se recircula al reactor de cloración; el bióxido de titanio obtenido se neutraliza adicionando vapor<sup>5</sup>.

e) Acabado. Se describe a continuación.

---

<sup>14</sup> O'Sullivan D., Tioxide advances TiO<sub>2</sub> technology. C&EN, June 10 (1991) 33-34.

<sup>1</sup> DUPONT. Típure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].

<sup>5</sup> Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Vol. XIII. México: Reader'Digest de México, S.A. de C.V., 1986.

## ACABADO.

En ambos procesos, el producto intermedio es  $TiO_2$  en forma de aglomerados de cristales los cuáles deben separarse mediante la molienda para lograr un rendimiento óptimo, (v. fig. 13). Este producto tiene relativamente malas propiedades de dispersión y humectación en vehículos oleorresinosos. Por esto, el calcinado se pulveriza y se dispersa en agua. La papilla se trata con un silicato o un fosfato alcalino que actúa como agente de dispersión y la mezcla alimenta un hidroseparador o un clasificador centrífugo donde se separan los finos. Las partículas gruesas arenosas se devuelven a un molino donde se muelen para que recirculen por el sistema de clasificación<sup>4</sup>. El material fino pasa por un espesador en donde se coagula por adición de sulfato de magnesio o de cloruro cálcico. Según los requerimientos del uso final la pulpa espesada se puede tratar con modificadores de superficie del  $TiO_2$ , que son óxidos hidratados y silicatos de aluminio, zinc, magnesio y titanio; ya sean tratamientos individuales con hidróxido o bien, combinaciones de ellos para optimizar el rendimiento en aplicaciones específicas<sup>1</sup>.

Posteriormente la pulpa espesada se filtra, se lava y se seca adquiriendo la presentación para empaquetarlo y comercializarlo<sup>4</sup>.

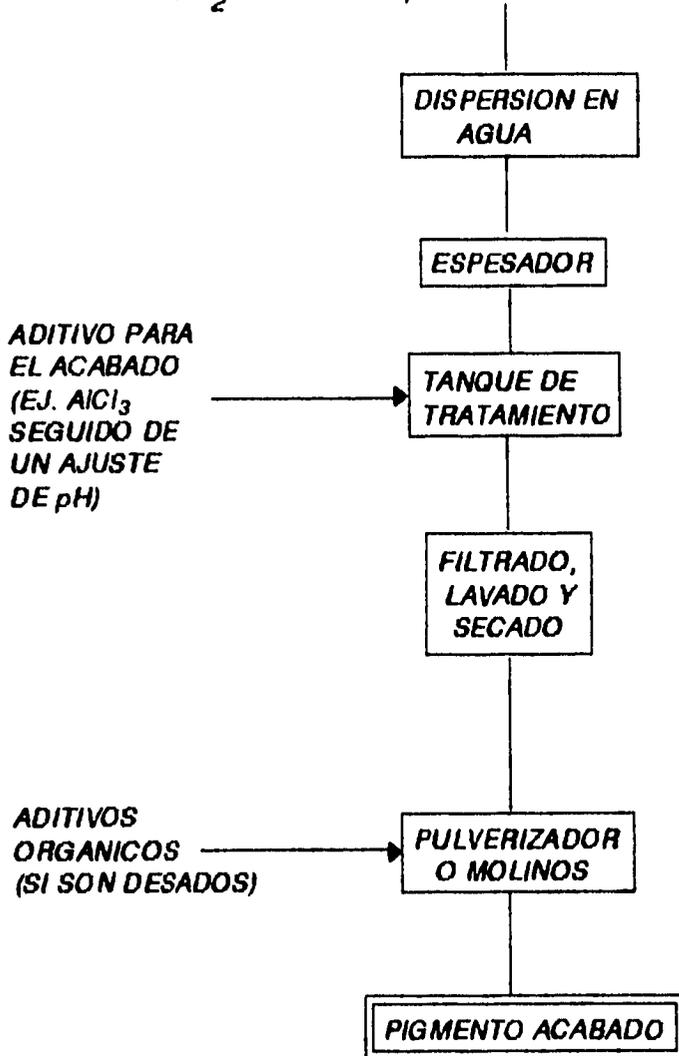
---

<sup>4</sup> KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.

<sup>1</sup> DUPONT. *Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas*. (folleto informativo), [s.p.i.].

# FIG.13 ACABADO

TiO<sub>2</sub> INTERMEDIO, PROCESO SULFATO O CLORURO



Fuente: KIRK OTHMER (Ref. 4)

### 2.9.3 USOS

Los mayores usos que se le han dado a los pigmentos de Bióxido de Titanio son en pinturas, barnices y lacas; después, y en cantidades todavía similares plásticos y papel y en menores cantidades en hule, recubrimiento de pisos, revestimiento de textiles, tintas de imprenta, cerámica y otras industrias<sup>6</sup>. Para todos estos sectores, el grado rutilo es el que se prefiere no así para el textil, pues este utiliza el grado anatasa<sup>11</sup>.

El uso mundial en 1993 se ilustra en la figura 14.

### 2.9.4 CAPACIDAD INSTALADA

En la tabla 14 se muestra la capacidad instalada mundial para producir pigmentos de Bióxido de Titanio así como el proceso que se usa; nótese que el proceso cloruro va en aumento.

---

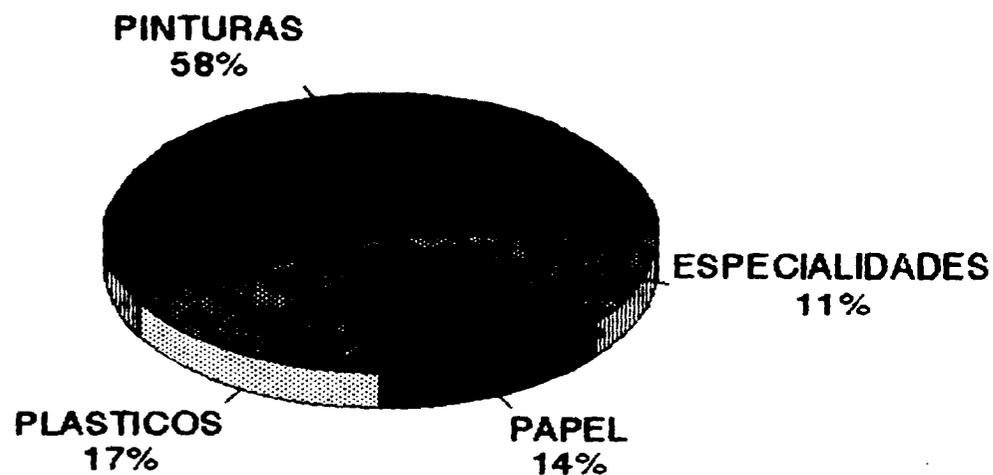
<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

<sup>11</sup> Información proporcionada por el departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

# FIGURA 14.

## USOS

---



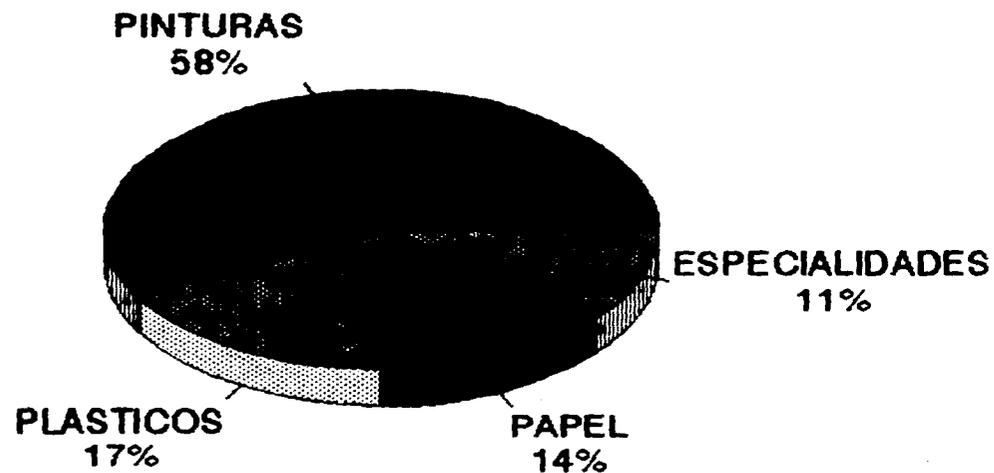
**USO MUNDIAL DEL BIXIDO DE TITANIO EN 1993**

FUENTE: DUPONT (Referencia 13)

# FIGURA 14.

## USOS

---



**USO MUNDIAL DEL BIXIDO DE TITANIO EN 1993**

FUENTE: DUPONT (Referencia 13)

TABLA 14  
CAPACIDAD TOTAL MUNDIAL, 1000 TON.

AÑO	SULFATO	CLORURO	%SULFATO	%CLORURO	TOTAL
1971	1732.3	329.8	83.93	16.06	1053
1975	1841.9	600	75.42	24.57	2441
1981	1767.7	885	66.63	33.36	2652.7
1985 <sup>13</sup>	1755	945	65.00	35.00	2700.0
1993 <sup>13</sup>	1700	1800	48.57	51.42	3500

Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

En la tabla 15 se muestra la capacidad instalada para producir el pigmento a nivel nacional. Obsérvese que en los últimos doce años se ha duplicado.

TABLA 15  
CAPACIDAD INSTALADA NACIONAL

Año	Cap. Inst., 1000 ton.	Año	Cap. Inst., 1000 ton.
1972	19	1983	44
1973	23.1	1984	49

<sup>13</sup> Información proporcionada por el departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.

1974	23.1	1985	49
1975	23.1	1986	49
1976	35	1987	52
1977	35	1988	52
1978	35	1989	60
1979	35	1990	78
1980	39	1991	78
1981	42	1992	78
1982	42	1993	80

Fuente: ANIQ<sup>15</sup>

### 2.9.5 PRODUCCION

Los datos de producción de los pigmentos de Bióxido de Titanio en el mundo han sido encontrados hasta el año de 1980<sup>6</sup>; para completar esta tabla en los años siguientes se anexan datos de sus ventas mundiales. Esto se muestra en la tabla 16.

---

<sup>15</sup> Asociación Nacional de la Industria Química "Anuario 1994" ANIQ, 1994.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: Ed John Wiley & Sons Inc., 1985.

TABLA 16  
PRODUCCION MUNDIAL

Año	Producción, 100 ton.
1971	1500
1975	1650
1980	1800
1985 <sup>11</sup>	2500
1990 <sup>11</sup>	2900

Fuente: KIRK OTHMER<sup>6</sup>

La producción nacional del pigmento se muestra en la tabla 17. Las gráficas 2 y 3 muestran la capacidad-producción a nivel mundial y nacional respectivamente de este producto.

TABLA 17  
PRODUCCION NACIONAL, TONS.

Año	Producción	Año	Producción
1972	16715	1983	40489
1973	18891	1984	44723

<sup>11</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

<sup>6</sup> KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium dioxide. U.S.A.: Ed John Wiley & Sons Inc., 1985.

1974	19858	1985	44982
1975	19460	1986	49273
1976	22406	1987	49020
1977	27528	1988	49607
1978	28542	1989	54698
1979	35003	1990	65544
1980	39129	1991	69601
1981	40000	1992	71602
1982	37504	1993	81600

Fuente: ANIQ<sup>15</sup>

#### 2.9.6 CONSUMO APARENTE

El consumo promedio a nivel mundial de los pigmentos de Bióxido de Titanio se muestra en la primera columna de la tabla 18, en donde la fuente además proporciona un estimado para 1995.

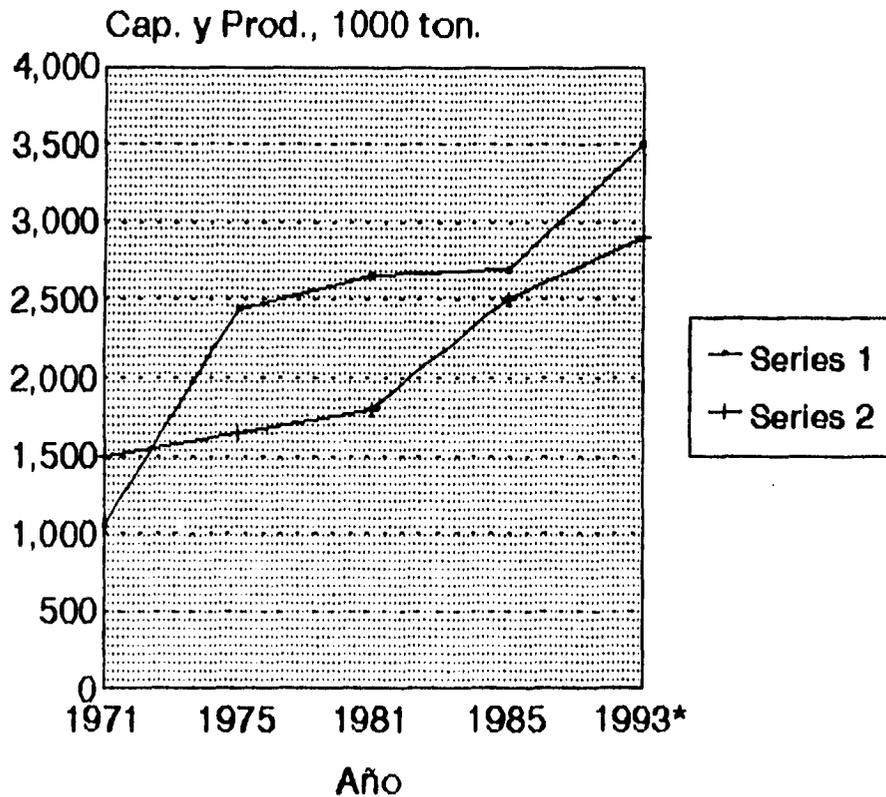
---

<sup>15</sup> Asociación Nacional de la Industria Química "Anuario 1994" ANIQ, 1994.

# GRAFICA 2.

## CAPACIDAD Y PRODUCCION MUNDIAL BIOXIDO DE TITANIO

---

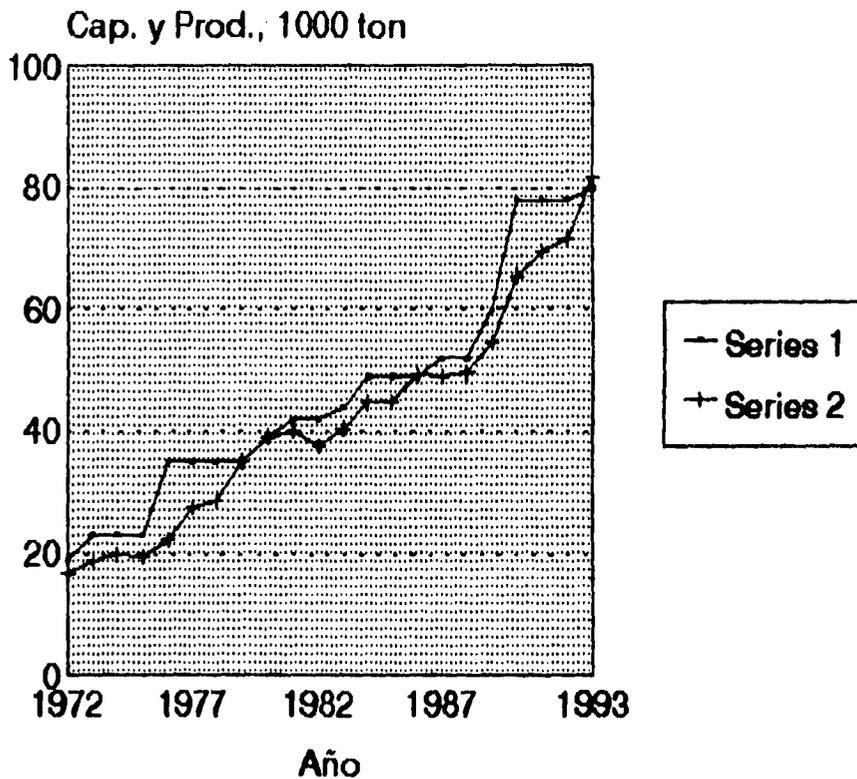


Fuente: Kirk-Othmer (Ref. 6).      \*Dupont (Ref. 13)  
 Serie 1. Capacidad.  
 Serie 2. Producción.

# GRAFICA 3.

## CAPACIDAD Y PRODUCCION NACIONAL BIOXIDO DE TITANIO

---



FUENTE: ANIQ (Ref. 15)

Serie 1. Capacidad.

Serie 2. Producción.

TABLA 18  
DEMANDA DE TiO<sub>2</sub>, REGIONAL

Región	Consumo promedio (M tons)		Crecimiento del consumo (%)	Consumo per capita kg/persona
	1990	1995	1990-1995	
Asia Pacífico	580	720	4.5	0.2
Europa/Oriente medio	1110	1230	2.1	2.0 Europa Occidental
América latina	160	190	3.7	0.4
EU/Canadá	1050	1150	1.8	3.4
Mundial	2900	3290	2.5	0.5

Fuente: Dupont<sup>16</sup>

La tabla 19 muestra el consumo aparente del pigmento a nivel nacional.

<sup>16</sup> O'Sullivan D., Strong TiO<sub>2</sub> demand draws Dupont to Europe. C&EN January 27 (1992) 22-23.

TABLA 19  
CONSUMO APARENTE (CA) NACIONAL, TONS

AÑO	CA	AÑO	CA
1972	15744	1983	26496
1973	17751	1984	28099
1974	20482	1985	29707
1975	19854	1986	28280
1976	22438	1987	28817
1977	23559	1988	31577
1978	18574	1989	38910
1979	26609	1990	43265
1980	30418	1991	43386
1981	28008	1992	49395
1982	26482	1993	44677

Fuente: ANIQ<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Asociación Nacional de la Industria Química "Anuario 1994" ANIQ, 1994.

### 2.9.7 IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES NACIONALES

En la tabla 20 se muestran las importaciones y exportaciones del Bióxido de Titanio nacional, sin hacer distinción del tipo de cristal (grado anatasa o rutilo).

TABLA 20  
IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES NACIONALES, TONS.

Año	Importaciones	Exportaciones
1972	141	1113
1973	169	1309
1974	762	138
1975	394	-
1976	355	323
1977	287	4256
1978	550	10518
1979	1234	9628
1980	8	8719
1981	8	12000
1982	9	11031
1983	8	14001
1984	1609	18233

1985	1159	16434
1986	1150	22143
1987	1162	21365
1988	1346	19376
1989	3903	19691
1990	2813	25092
1991	4548	30763
1992	8613	35820
1993	5577	42500

Fuente: ANIQ<sup>15</sup>

En la gráfica 4 se representan estos valores de importaciones y exportaciones del producto nacional.

#### **2.9.8 FABRICANTES**

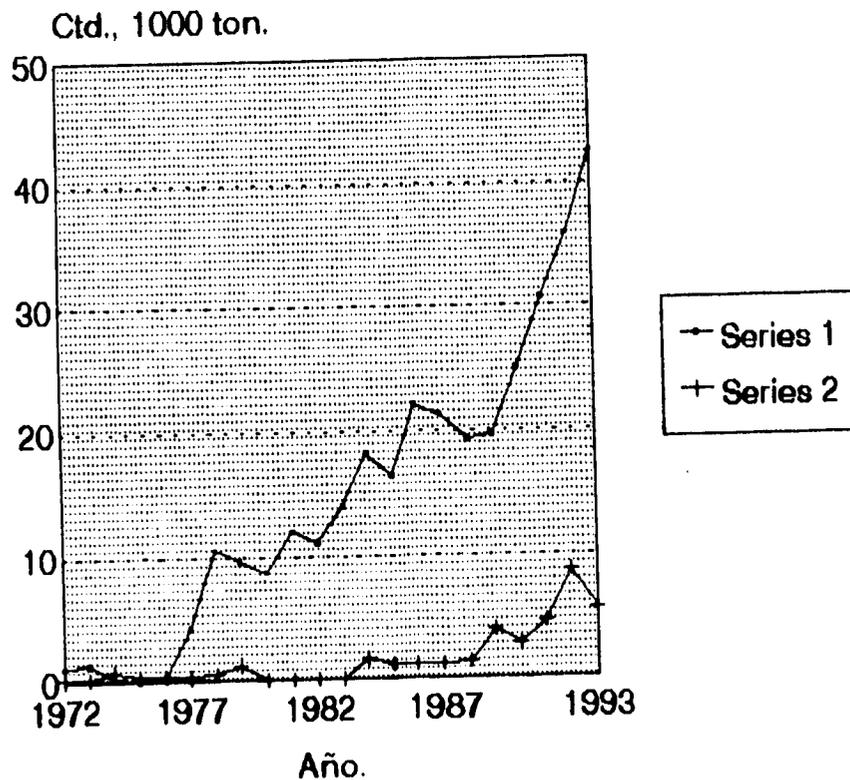
En México solo existe un fabricante de Bióxido de Titanio que es Dupont S.A. de C.V., con planta en Altamira y el nombre comercial de su producto es Ti-pure.

---

<sup>15</sup> Asociación Nacional de la Industria Química " Anuario 1994" ANIQ, 1994.

# GRAFICA 4

## IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES NACIONALES BIOXIDO DE TITANIO.



Fuente: ANIQ (Ref. 15)  
Serie 1. Exportaciones.  
Serie 2. Importaciones.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

En el mundo existen muchos fabricantes de este pigmento y ya que muchos de los pequeños trabajan como subsidiarios de los grandes<sup>17</sup>, los más importantes que destaca Dupont<sup>11</sup> se muestran en la tabla 21, la figura 15 complementa esta tabla mientras que la figura 16 proporciona información del tipo de proceso que manejan estos fabricantes.

TABLA 21  
FABRICANTES DE TiO<sub>2</sub>, EN EL MUNDO, 1993.

NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	PORCENTAJE DE CAPACIDAD MUNDIAL
Ti-pure	Dupont	22
Tioxide	Tioxide	14
Tiona	S.C.M.	12
Kronos	Kronos	11
Finntitan	Kemira	7
Tipaque	Ishihara	5
Tronox	Kerr-McGee	5
	Otros	24

Fuente: Dupont<sup>11</sup>

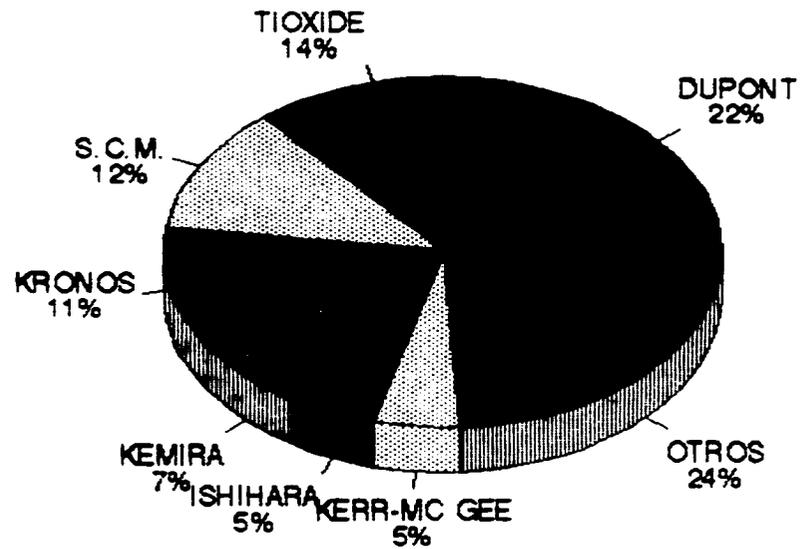
<sup>17</sup> Layman P. & Reisch M., Tioxide, Kronos plan TiO<sub>2</sub> joint venture. C&EN February 8 (1993) 8.

<sup>11</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

# FIGURA 15

## FABRICANTES DE BIOXIDO DE TITANIO

---



1993

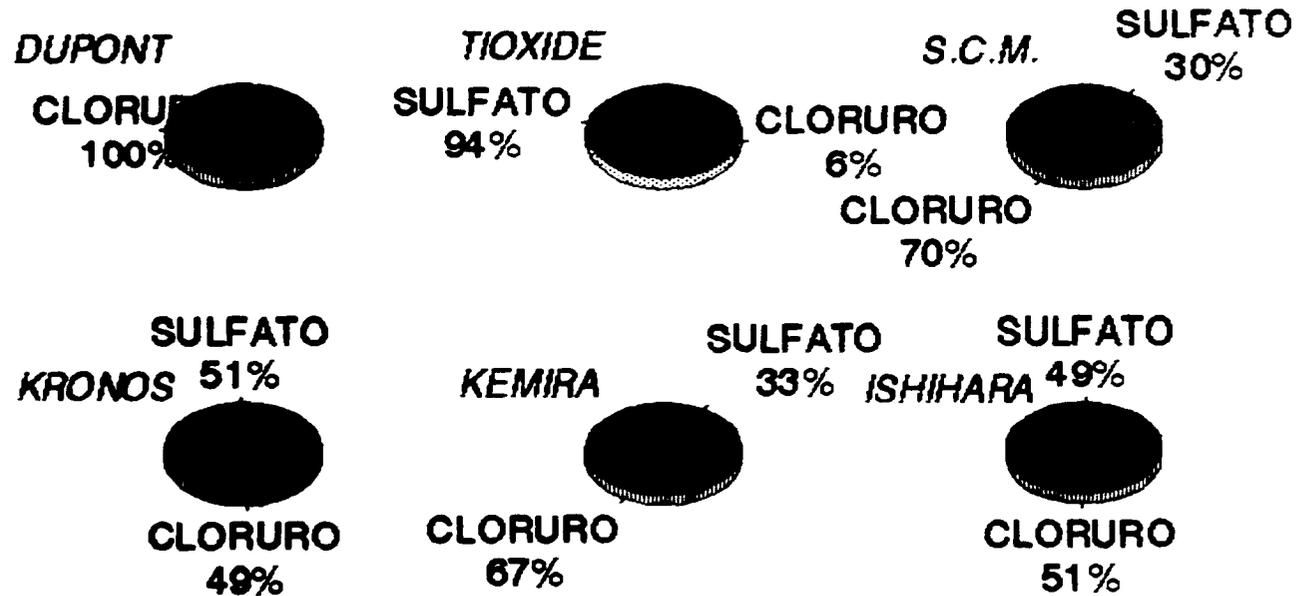
FUENTE: DUPONT (Ref. 13)

# FIGURA 16

## PROCESO SULFATO VS. CLORURO

1990

---



FUENTE: DUPONT (Ref. 13)

### 3 TEORIAS DE COMPETITIVIDAD

#### COMPETENCIA NATURAL Y PRIMERAS ESTRATEGIAS

Se dice que la competencia nace con la vida misma; así, los primeros organismos unicelulares requerían ciertos recursos para mantenerse vivos. Cuando esos recursos eran adecuados, cada nueva generación era más numerosa que la anterior. Si no hubiese habido ninguna limitación de los recursos requeridos, el crecimiento exponencial habría conducido a cantidades infinitas<sup>18</sup>.

Pero a medida que la vida evolucionó, la vida unicelular se convirtió en recurso alimenticio para seres más complejos. Con esa creciente multiplicidad cada nivel se fue transformando en recurso del siguiente nivel superior. Cuando dos competidores se enfrentaban en lucha a muerte, inevitablemente uno desplazaba al otro salvo que algo lo evitase. Al faltar una fuerza equilibradora que mantuviese la estabilidad entre los dos competidores, dando a cada uno una ventaja dentro de su propio territorio, solo uno de los dos competidores sobrevivía<sup>18</sup>.

Puesto que cada uno de éstos competidores debe ser único, la abundancia de variantes debe lograr la correspondencia entre una variación igual en los factores potenciales que determinan un nicho ambiental y las distintas características del medio ambiente que hacen eficaz a cada combinación<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Henderson B., *The competitive Challenge*. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.

Al ser más rico el medio ambiente, más estricta será la competencia y mayor el número de competidores. De igual manera en un medio ambiente menos rico, serán menores las diferencias entre los competidores<sup>16</sup>.

La observación de que dos especies que coexisten en la naturaleza difieren ecológicamente y que para coexistir en una botella tales especies deben presentar esta diferencia, condujo al principio de la Exclusión Competitiva de Gause: "No pueden coexistir dos especies cuyos sistemas de vida sean iguales"; esto de acuerdo al experimento donde se ponen juntos en una botella dos especies similares de pequeños organismos con alimento y un medio uniforme, donde finalmente solo una de las especies puede subsistir<sup>16</sup>.

Durante millones de años la competencia natural no implicó estrategia alguna: todo era cuestión de selección natural, de adaptación y supervivencia del más apto. Las probabilidades del azar determinaban las mutaciones y aquellas variantes que sobrevivían y lograban multiplicar su número. Las que producían una progenie inferior sucumbían, y aquellas que mejor se adaptaban desplazaban a los demás. No solo se adaptaban las características físicas y estructurales, también se adaptaba el comportamiento, que acababa integrándose a sus reacciones instintivas<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Henderson B., *The competitive Challenge*. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.

La estrategia en su forma más elemental probablemente se desarrolló cuando los primeros seres humanos formaron un grupo de cazadores para capturar a uno de los enormes animales de la época, algo que era imposible para que uno de ellos lo hiciera. Sin embargo esto no es considerado como una verdadera estrategia ya que la presa misma no podía presentar alguna contraestrategia mas que su comportamiento instintivo. Quizá la primera estrategia verdadera fue llevada a la práctica por una tribu que haya tratado de adueñarse de los terrenos de caza de otra tribu<sup>18</sup>.

Para que una estrategia se lleve a cabo, algunos requisitos que deben existir son<sup>18</sup>:

- Un núcleo vital de conocimientos.
- Capacidad para integrar todos estos conocimientos y examinarlos como un sistema dinámico interactivo.
- Suficiente pericia en el análisis para comprender su racionalidad, su periodicidad, posibilidades, consecuencias inmediatas y futuras.
- Imaginación y lógica para elegir entre alternativas específicas.
- Control sobre los recursos más allá de las necesidades inmediatas.
- Voluntad para privarse o renunciar a los beneficios actuales con objeto de invertir en el potencial del futuro.

---

<sup>18</sup> Henderson B., *The Competitive Challenge*. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.

Estos requisitos no se encuentran en la competencia natural; la competencia estratégica requiere la capacidad para comprender la dinámica de la compleja red de la competencia natural.

A la estrategia como concepto se le relaciona con las acciones militares: los elementos de las acciones militares se caracterizan por tener recursos limitados, incertidumbre respecto de la capacidad e intenciones del adversario, compromiso irreversible de los recursos, necesidad de coordinar las acciones a distancia y en el tiempo, incertidumbre acerca de la iniciativa y la naturaleza fundamental de las percepciones recíprocas entre los adversarios<sup>18</sup>.

Al respecto, algunas estrategias militares han sido<sup>18</sup>:

"Todo el arte de la guerra consiste en una defensiva bien razonada y extremadamente prudente, seguida por un ataque audaz y rápido."

Napoleón.

"La victoria más completa y satisfactoria es esta: obligar al enemigo a descubrir sus intenciones sin que uno sufra daño alguno."

Belisario.

---

<sup>18</sup> Henderson B., *The Competitive Challenge*. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.

La asignación y concentración de recursos, la necesidad de comunicación y movilidad, el elemento sorpresa y la ventaja de la defensa, son conceptos básicos de estrategia.

Los conceptos de estrategia militar giran alrededor del supuesto de que las hostilidades reales ya han empezado. Hart introdujo el concepto de "Gran Estrategia", un plan para asegurar y mantener la paz, por la cuál se libra esa guerra. Este es un aspecto que resulta de suma importancia para los negocios: la estrategia de los negocios debe lograr un equilibrio dinámico en constante cambio frente a numerosos competidores<sup>18</sup>.

Para las empresas como para las naciones, la coexistencia continúa es el fin último y no la eliminación del competidor. El propósito de la estrategia tanto en la guerra como en la paz, es una futura relación estable con todos los competidores en los términos y condiciones más favorables<sup>18</sup>.

La estrategia competitiva es una técnica que la empresa puede utilizar para ejercer poder en su ámbito de competencia. Esta técnica considera el tamaño de la empresa para proponer el uso de la estrategia más apropiada bajo el enfoque de la ventaja competitiva (tecnología, tamaño, recursos humanos, etc.), como ejercicio de poder en la lucha por los beneficios del mercado<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> Henderson B., *The Competitive Challenge*. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.

<sup>19</sup> Rocha R., *Estrategia Competitiva para Empresas*. U.S.A.: Trillas, 1990.

## LOS TRIUNFOS Y LA COMPETENCIA

Los ganadores son los que nunca olvidan que se encuentran en un continuo juego de competencia y que es de suma importancia comprender y vigilar a los competidores actuales así como a los nuevos o potenciales<sup>20</sup>.

El pensamiento competitivo, su soporte informativo y de análisis, deben impregnar toda la organización, desde la cima hasta la base, no debiendo delegarse a "especialistas" o a una función determinada como podrían ser la de planeación mercadotecnia o finanzas.

Por ejemplo, Estados Unidos era el ganador indiscutible durante el período posterior a la segunda guerra mundial; el planteamiento acerca de este éxito de las empresas de E.U. nos ilustra sobre la principal razón por la cuál los directores generales y sus grupos gerenciales hacen caso omiso o no dan importancia al pensamiento competitivo<sup>20</sup>.

La sustitución, las sorpresas y las derrotas son causadas por no hacer caso o restar importancia a las preocupaciones, los problemas y las necesidades de los clientes. El problema no radica en la carencia de información, se cuenta con gran cantidad de ella incluyendo cifras y datos pero, no se recaba sistemáticamente ni se usa para el desarrollo de estrategias<sup>20</sup>.

Obtener información de la competencia por medio del espionaje industrial u por otros medios igualmente ilegales o poco éticos es absurdo. Existen las fuentes informativas

---

<sup>20</sup> Rotschild E., *Como ganar y conservar la Ventaja Competitiva en los negocios*. Colombia: Mc Graw Hill, 1987.

suficientes para conocer sobre sus puntos fuertes y débiles de la competencia de manera oficial, interna, bursátil, etc.

El análisis estratégico es de gran importancia debido a que<sup>20</sup>:

- Proporciona una visión nueva o renovada del negocio,
- identifica los factores del éxito cambiantes o constantes,
- determina una posición relativa en el mercado,
- anticipa cambios y sus consecuencias,
- genera estrategias optativas y valúa el éxito potencial de la propuesta de un cambio en la estrategia.

En los diferentes mercados que existen es posible separar a los que han tenido éxito de los que no lo han tenido: ganadores vs. perdedores. Los ganadores son aquellos que producen más utilidades; los perdedores generan pérdidas. De estos casos es posible identificar las razones de los triunfos o fracasos del pasado. El análisis de factores tiene por objeto determinar las diferencias entre los distintos desempeños, además se debe ver si esos mismos factores críticos seguirán teniendo validez más adelante, como cambios ambientales, gubernamentales, etc<sup>20</sup>.

Los ganadores de hoy pueden convertirse en los perdedores de mañana por la culpa de algún factor externo o por la carencia de algún recurso, habilidad o técnica.

---

<sup>20</sup> Rostchild E., *Como ganar y conservar la Ventaja Competitiva en los negocios*. Colombia: Mc Graw Hill, 1987.

### 3.1 ELEMENTOS BASICOS DE ESTRATEGIA COMPETITIVA

Estrategia<sup>20</sup>.

Un estratega es aquel que con audacia ataca con rapidez y decisión cuando el caso lo requiere, pero también con flexibilidad para cambiar la táctica cuando se tienen condiciones adversas. Estrategas flexibles se adaptan a las situaciones cambiantes del mercado.

La estrategia es el conocimiento que sirve para dirigir a las tropas, barcos o aviones en la realización de movimientos ventajosos contra el enemigo. Estudia los frentes en que se puede combatir al enemigo en forma más provechosa y la prioridad de actividades en cada teatro de operaciones bélicas.

La logística se encarga de estudiar el movimiento y abastecimiento de las fuerzas de combate. Suministra de artículos necesarios en las cantidades adecuadas, en el lugar debido y en el momento correcto; recurriendo para ello a las diversas plantas y arsenales dedicadas a la producción de artículos de guerra. La táctica es el arte de usar en batallas o en presencia de enemigos, las tropas, barcos o aviones. Es la ejecución de los planes militares.

---

<sup>20</sup> Rocha R., *Estrategia Competitiva para Empresas*. México: Trillas, 1990.

Mercado.

Se entiende por mercado el lugar o situación en que los compradores y los vendedores compran y venden bienes, servicios y recursos, habiendo un mercado para cada artículo<sup>19</sup>.

Existen cuatro tipos de mercado:

En competencia pura, el mercado consta de muchos compradores y vendedores que comercian en una mercancía homogénea como trigo, cobre, o valores financieros. La influencia que unos y otros ejercen sobre el precio actual es relativa; un vendedor no puede poner un precio más alto que el vigente en el mercado y viceversa<sup>20,21</sup>.

Bajo la competencia monopolística, el mercado consta de muchos compradores y vendedores que hacen transacciones dentro de una escala de precios en vez de un solo precio de mercado. La razón para la escala de precios es que los vendedores son capaces de diferenciar sus ofertas para los compradores. El producto físico o los servicios integrantes pueden variarse en calidad, características o estilo. Los compradores ven diferentes ofertas y pagarán diferentes cantidades. Los vendedores intentan desarrollar ofertas diferenciadas para cada segmento de clientes

---

<sup>19</sup> Rocha R., *Estrategia Competitiva para empresas*. México: Trillas, 1990.

<sup>20</sup> Rotschild E., *Como ganar y conservar la Ventaja Competitiva en los negocios*. Colombia: Mc Graw Hill, 1987.

<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

y usan libremente la adopción de marcas, la publicidad y las ventas personales; además del precio para distinguir sus ofertas. Los vendedores que pueden mantener ofertas diferenciadas ganan tasas de rendimiento por encima del promedio. Su éxito continuo depende de los obstáculos para la entrada, como la publicidad, la buena voluntad, patentes, procedimientos de licencia y altos requerimientos de capital. Como hay muchos vendedores, las estrategias de los competidores tienen menos efecto sobre cada firma que en los oligopolios<sup>21</sup>.

En la competencia oligopólica, el mercado consta de unos cuantos vendedores que son sumamente sensibles a las estrategias de fijación de precios y mercadotecnia de cada uno. El producto puede ser homogéneo (acero, aluminio, etc.) o heterogéneo (automóviles, computadoras, etc.). La razón para los escasos vendedores es que enfrentan grandes obstáculos para la entrada en la forma de patentes, altos requerimientos de capital, control sobre materias primas, conocimiento del propietario, ubicaciones escasas, etc. Cada vendedor está alerta de las estrategias y movimientos de los competidores. Si una compañía acerera reduce radicalmente su precio en 10%, los compradores acudirán rápidamente a ella. Los otros fabricantes de acero tendrán que responder al disminuir sus precios o acrecentar sus servicios. Un oligopolista nunca está seguro de que ganará algo permanente mediante una reducción de precio. Por otra parte, si eleva su precio puede que los competidores no lo sigan. Este tendría que retractarse de su aumento de precio o arriesgarse a perder

---

<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

clientes. Los oligopolistas, al desarrollar sus estrategias de fijación de precios y mercadotecnia, deben prestar atención a la conducta de los competidores como a la conducta de los clientes<sup>21</sup>.

Un monopolio puro consta de un vendedor. El vendedor puede ser un monopolio gubernamental (servicio postal, por ejemplo), un monopolio privado reglamentado (una compañía de energía eléctrica) o un monopolio privado no reglamentado (Dupont cuando lanzó el nylon). Un monopolio gubernamental puede perseguir una variedad de objetivos de fijación de precios. Podría establecer un precio por debajo del costo, ya que el producto es importante para los compradores y estos tal vez no puedan pagar el costo total. O el precio podría establecerse para cubrir los costos, producir buenos ingresos, incluso si es bastante alto desalienta el consumo. En un monopolio reglamentado, el gobierno permite que la compañía establezca tasas que producirán un "rendimiento justo", uno que le permitirá a la compañía mantener y ampliar su planta como sea necesario. Los monopolios no reglamentados están en libertad de establecer precios en lo que el mercado pueda soportar. Sin embargo, no siempre cobran el precio total debido a varias razones: temor a la reglamentación gubernamental, deseo de no atraer a la competencia o de penetrar en el mercado más rápidamente con un precio bajo, por ejemplo<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

Precio.

El precio es la cantidad monetaria a que los productores están dispuestos a vender y los consumidores a comprar un bien o servicio, cuando la oferta y la demanda están en equilibrio<sup>22</sup>.

Tamaño de la Empresa<sup>19</sup>.

Otro elemento es la participación en el mercado donde como táctica se debe tomar un porcentaje de un mercado identificado; y que el consumidor acepte el producto o servicio.

El tamaño de la empresa también es significativo ya que, en la teoría económica tradicional se considera que las empresas de distinto tamaño pagan diferente precio por la mano de obra y el capital, en consecuencia el tamaño puede determinarse por la relación capital-trabajo.

Actividades Económicas.

Se muestran en la figura 17. Cada sector se subdivide en cámaras<sup>19</sup>. Como se observa en esta figura las industrias manufacturera y extractiva, sectores donde se extrae y elabora el pigmento de Bióxido de Titanio, pertenecen al sector primario y secundario de las actividades económicas.

---

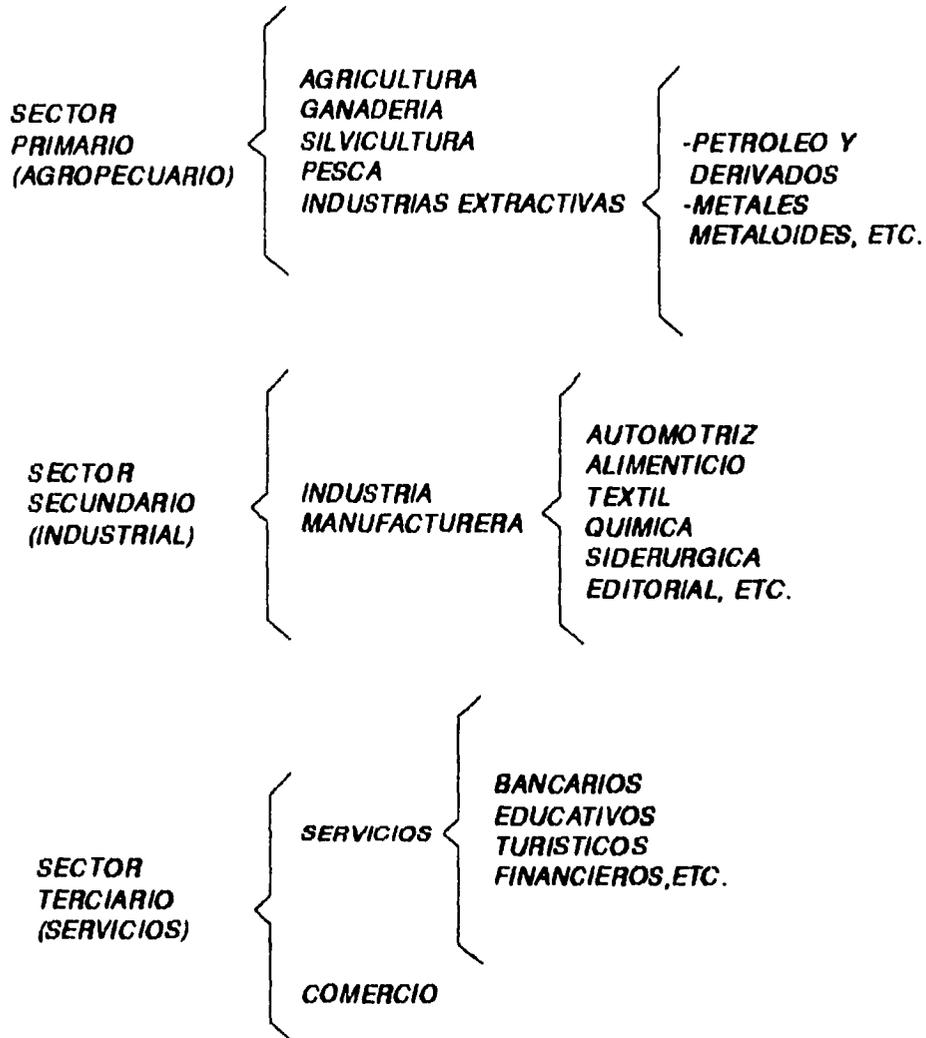
<sup>22</sup> Baca U., *Evaluación de Proyectos*. México: Mc. Graw Hill, 1990.

<sup>19</sup> Rocha R., *Estrategia Competitiva para empresas*. México: Trillas, 1990.

# FIGURA 17

## ACTIVIDADES ECONOMICAS

---



FUENTE: ROCHA (Ref. 19)

### 3.2 ESTRATEGIA COMPETITIVA DE MICHAEL PORTER

#### 3.2.1 ESTRATEGIAS COMPETITIVAS GENERICAS

Al enfrentarse a la competencia, Michael Porter<sup>23</sup> identifica tres estrategias genéricas de éxito potencial para desempeñarse mejor que otras empresas en el sector industrial, estas son:

Liderazgo general en costos.

Aquí la compañía trabaja duro para lograr costos más bajos de producción y distribución de modo que pueda poner un precio más bajo que sus competidores y ganar una porción grande de mercado. Las firmas que sigan esta estrategia deben ser buenas en ingeniería, adquisiciones, fabricación y distribución física y necesitan menos habilidades en mercadotecnia. La Texas Instruments es un líder en esta estrategia<sup>21</sup>.

Diferenciación.

La compañía se concentra en crear una línea de producto sumamente diferenciada y un programa de mercadotecnia, de modo que se convierta en el líder de clase en la industria. La mayoría de los clientes prefiere poseer esta marca si el precio es

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

demasiado alto. Las compañías que siguen esta estrategia tienen sus principales puntos fuertes en investigación y desarrollo, diseño, control de calidad y mercadotecnia. IBM y Caterpillar disfrutaron de la posición de diferenciación en computadoras y equipo pesado para construcción respectivamente<sup>21</sup>.

Enfoque o alta segmentación.

La compañía concentra su esfuerzo en servir bien a unos cuantos segmentos del mercado en vez de ir tras el mercado completo. La compañía llega a conocer las necesidades de estos segmentos y persigue el liderazgo de costos, la diferenciación de productos o ambas cosas, dentro de cada segmento. Así, Armstrong Rubber se ha especializado en fabricar llantas superiores para equipo agrícola y vehículos recreativos y sigue buscando otros nichos que servir<sup>21</sup>.

La figura 18 resume las tres estrategias genéricas.

Las compañías que siguen una estrategia clara (cualquiera de las anteriores) tienen posibilidades de desempeñarse bien. Las firmas que siguen la misma estrategia constituyen un grupo estratégico, o sea, un conjunto de empresas en un sector industrial que siguen una misma o similar estrategia a lo largo de la especialización, identificación de marca, calidad de producto, etc. La firma que aplique mejor esa estrategia tendrá las mayores utilidades.

---

<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

# FIGURA 18

## ESTRATEGIAS GENERICAS

---

		VENTAJA ESTRATEGICA	
		EXCLUSIVIDAD PERCIBIDA POR EL CLIENTE	POSICION DE BAJO COSTO
OBJETIVO ESTRATEGICO	TODO UN SECTOR INDUSTRIAL	<b>DIFERENCIACION</b>	<b>LIDERATO GENERAL EN COSTOS</b>
	SOLO A UN SEGMENTO EN PARTICULAR	<b>ENFOQUE O ALTA</b>	<b>SEGMENTACION</b>

**FUENTE: PORTER (Ref. 23)**

Las firmas que no siguen una estrategia clara (posicionamiento a la mitad) son las que presentan el peor funcionamiento. Chrysler e International Harvester tuvieron tiempos difíciles, ya que ninguna destacaba en sus industrias respectivas como la más baja en costos, la más alta en el valor percibido o la mejor en servir en algún segmento del mercado. Las posicionadas a la mitad tratan de ser buenas en todas las dimensiones estratégicas, pero como cada una requiere formas diferentes y a menudo incongruentes para organizar a la empresa, estas compañías terminan por no ser particularmente excelentes en alguna cosa<sup>21</sup>.

### **3.2.2 FUERZAS QUE MUEVEN LA COMPETENCIA EN UN SECTOR INDUSTRIAL**

Para la formulación de una estrategia competitiva se debe relacionar a una empresa con su medio ambiente. La situación de la competencia en un sector industrial depende de cinco fuerzas competitivas básicas las que se ilustran en la figura 19<sup>23</sup>.

---

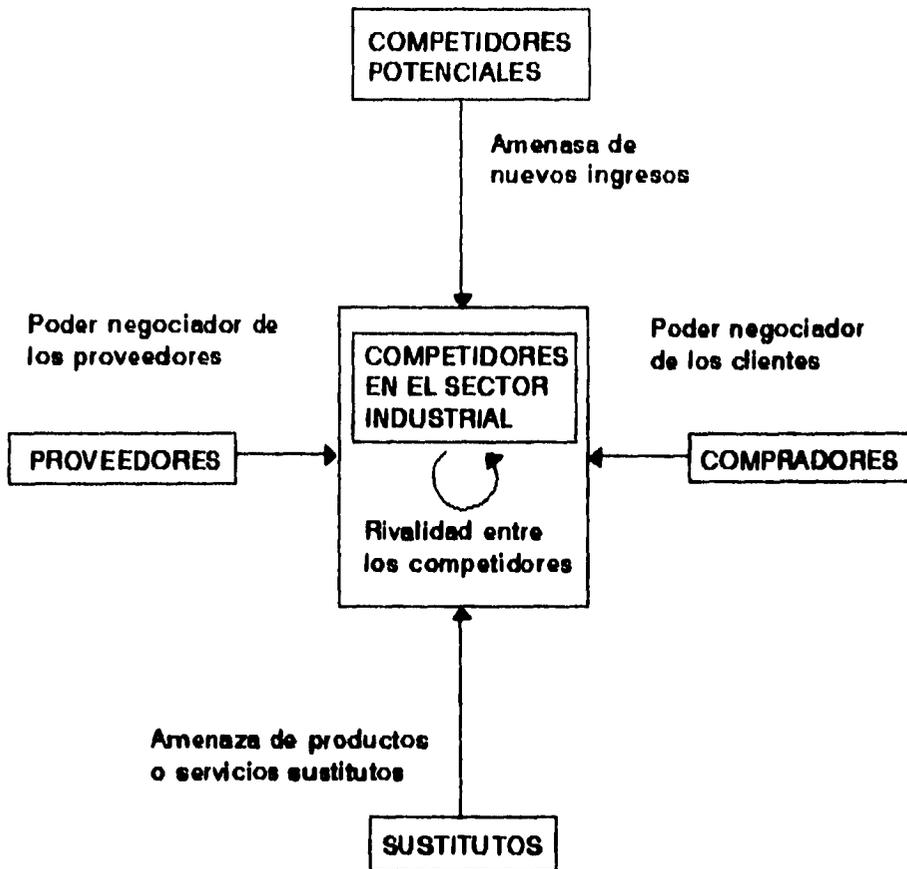
<sup>21</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

# FIGURA 19

## FUERZAS COMPETITIVAS

---



**FUENTE: PORTER (Ref. 23)**

La competencia en un sector industrial opera en forma continua para hacer bajar la tasa de rendimiento sobre la inversión del capital hacia la tasa competitiva de rendimiento mínimo o según los economistas el rendimiento que obtendría la empresa "perfectamente competitiva", esta tasa incluye productividad mas eficiencia<sup>21</sup>; recordando que la tasa de rendimiento sobre la inversión es la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto (VPN) sea igual a cero. Esta tasa igualará la suma de los flujos descontados a la inversión inicial<sup>22</sup>.

De la figura 19 las cinco fuerzas competitivas<sup>23</sup> presentan las siguientes características:

#### 1. AMENAZA DE INGRESO

La creación de nuevas empresas en un sector industrial aportan capacidad adicional, el deseo de obtener una participación en el mercado y, con frecuencia, recursos sustanciales. Esto puede obligar a bajar los precios o inflar los costos de los fabricantes existentes, reduciendo la rentabilidad.

La amenaza de ingreso en un sector industrial depende de las barreras para el ingreso que estén presentes; estas barreras son:

---

<sup>21</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

<sup>22</sup> Baca U., *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill, 1990.

- 1) Economías de escala.
  - Comparten operaciones o funciones, costos conjuntos,
  - Comparten activos intangibles.
- 2) Diferenciación del producto.
- 3) Requisitos de capital.
- 4) Costos cambiantes.
- 5) Acceso a los canales de distribución.
- 6) Desventajas en costo independientes de las economías de escala.
  - Tecnología de productos patentado, acceso favorable a materias primas, ubicaciones favorables, subsidios gubernamentales, curva de aprendizaje o experiencia.
- 7) Política gubernamental.

Históricamente ha habido fuertes represalias para el que ingresa por parte de las empresas ya establecidas, las que han de contar con recursos para defenderse y pueden tener un compromiso con el sector industrial. Si hay un crecimiento lento del sector industrial, limita el ingreso de nuevas empresas. Al haber una estructura de precios baja también es una forma de disuadir el ingreso. De manera particular las barreras para el ingreso pueden ser la experiencia y la escala: grandes volúmenes, bajos costos, cambio tecnológico compromiso para lograr economías de escala utilizando tecnología existente, innovaciones en el producto o proceso, búsqueda de bajo costo, basar la estrategia en la curva de experiencia, búsqueda agresiva de reducciones, etc.

## 2. INTENSIDAD DE LA RIVALIDAD ENTRE LOS COMPETIDORES

La intensidad de la rivalidad entre los competidores existentes manipula la posición al utilizar tácticas para competir en precio, batallas publicitarias e introduciendo nuevos productos. La rivalidad se presenta porque uno o más de los competidores sienten la presión o ven la oportunidad de mejorar su posición. Se caracteriza por:

1. Gran número de competidores o igualmente equilibrados.
2. Crecimiento lento en el sector industrial.
3. Costos fijos elevados o de almacenamiento.
4. Falta de diferenciación o costos cambiantes.
5. Incrementos importantes de la capacidad.
6. Competidores diversos.
7. Intereses estratégicos elevados.
8. Fuertes barreras de salida.  
Activos especializados, costos fijos de salida,  
interrelaciones estratégicas, barreras  
emocionales, restricciones sociales y gubernamentales.
9. Rivalidad cambiante.
10. Barreras de salida e ingreso (Ver figura 20).

# FIGURA 20

## LAS BARRERAS Y LA RENTABILIDAD

---

**BARRERAS DE SALIDA**

		BAJAS	ALTAS
BARRERAS DE INGRESO	BAJAS	RENDIMIENTOS BAJOS ESTABLES	RENDIMIENTOS BAJOS RIESGOSOS
	ALTAS	RENDIMIENTOS ELEVADOS ESTABLES	RENDIMIENTOS ELEVADOS RIESGOSOS

**FUENTE: PORTER (Ref. 23)**

### 3. PRESION DE PRODUCTOS SUSTITUTOS

Es común que todas las empresas en un sector industrial estén compitiendo con empresas que producen artículos sustitutos. Estos limitan los rendimientos potenciales de un sector industrial colocando un tope sobre los precios que las empresas en la industria pueden cargar rentablemente; el impacto de los sustitutos puede resumirse como la elasticidad total de la demanda en el sector industrial. Cuanto más atractivo sea el desempeño de precios alternativos ofrecidos por los sustitutos, más firme será la represión de las utilidades en el sector industrial.

La identificación de los productos sustitutos es cosa de buscar otros productos que puedan desempeñar la misma "función" que el producto en el sector industrial.

Los productos sustitutos en los que se debe poner especial atención son:

1. Los que están sujetos a tendencias que mejoran su desempeño y precio contra el producto del sector industrial.
2. Los producidos por sectores industriales que obtienen elevados rendimientos.

### 4. PODER NEGOCIADOR DE LOS COMPRADORES

Los compradores compiten en el sector industrial forzando la baja de precios, negociando por una calidad superior o más

servicios y haciendo que los competidores compitan entre ellos; todo esto conforme a lo rentable de la industria. El grupo de compradores poderoso es el que maneja grandes volúmenes con relación a ventas proveedor, costos bajos por cambiar de proveedor ya que es un producto no importante para la calidad que necesita el comprador. También puede alterar el poder de compra.

##### 5. PODER NEGOCIADOR DE LOS PROVEEDORES

Los proveedores pueden ejercer poder de negociación sobre los que participan en un sector industrial amenazando con elevar los precios o reducir la calidad de los productos o servicios. Los proveedores poderosos son dominados por pocas empresas, se concentran en el sector industrial al que le venden, no hay obligación de competir con respecto a otros productos, la empresa no es cliente importante del proveedor, representa un insumo importante para el comprador, ofrecen productos diferenciados y son amenaza de integración hacia adelante.

Una vez que las fuerzas que afectan la competencia en un sector industrial y sus causas fundamentales han sido diagnosticadas, la empresa está en posición de identificar sus fuerzas y debilidades en función del sector industrial en el cuál compete.

Una estrategia competitiva comprende una acción ofensiva o defensiva con el fin de crear una posición defendible contra las cinco fuerzas competitivas, como puede ser: posicionamiento, influir en el equilibrio de fuerzas con movimientos estratégicos,

anticipar cambios en los factores, tomar ventaja del cambio y contar con una estrategia de diversificación<sup>23</sup>.

### 3.2.3 ACCIONES COMPETITIVAS

Una característica central de la competencia es que las empresas son mutuamente dependientes: sienten los efectos de los movimientos de unas y otras y están propensas a reaccionar a ellos. En esta situación como de oligopolio, el resultado de un movimiento competitivo de una empresa depende, hasta cierto grado de las reacciones de sus rivales. Así, si todas las empresas son cooperativas, todas pueden lograr una utilidad razonable; pero si una empresa hace un movimiento estratégico egoísta al cuál los otros no responden efectivamente, puede lograr utilidades aún mayores. Si los competidores ejercen represalias vigorosas contra el movimiento, todos quedan peor que si todos fueran cooperativos.

La situación es análoga al "dilema de los prisioneros" en la teoría de los juegos de azar, donde dos prisioneros están en una celda cada uno con la opción de gritarse mutuamente o guardar silencio. Si ninguno de los prisioneros grita, ambos salen libres

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

y si ambos gritan son ahorcados. Pero si un prisionero habla y el otro no; el que grita no solo sale libre, sino que cobra un premio por las molestias. Ambos prisioneros tomados en conjunto quedan mejor si pueden evitar gritar pero, actuando en su propio interés egoísta, cada uno de los prisioneros tiene un incentivo aún mas grande para gritar siempre que el otro no tenga la misma idea<sup>23</sup>.

Cuanto mayor sea el número de competidores, será más equilibrado su poder relativo, más estandarizados sus productos, más elevados sus costos fijos y otras condiciones que los inclinen a tratar de llenar su capacidad. Cuanto más lento sea el crecimiento del sector industrial, mayor es la probabilidad de que haya repetidos esfuerzos de las empresas para buscar su propio interés. Pero si los objetivos y perspectivas de los competidores son más diversos o asimétricos, mayores serán sus intereses estratégicos en el negocio en particular y mientras menos segmentado este el mercado, más difícil será interpretar con propiedad los movimientos de los otros y mantener un resultado cooperativo<sup>23</sup>.

Una inestabilidad del sector industrial nos dice que es probable una guerra competitiva.

#### Movimientos competitivos.

Se considera que los movimientos competitivos en un oligopolio son como una combinación de la fuerza bruta que la

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

empresa pueda reunir aplicada con fineza. Se distinguen tres tipos de movimientos<sup>23</sup>:

#### 1. Cooperativos o no amenazadores.

Aquí se distinguen tres categorías: a) mejoran la posición de la empresa y los competidores aún si ellos no los alcanzan, b) mejoran la posición de la empresa y las posiciones del competidor solo si un número importante las logran, c) mejoran la posición de la empresa debido a que los competidores no las igualarán.

Los competidores ni siquiera notan los movimientos, no están interesados en ellos o afectan muy poco.

#### 2. Amenazadores.

La clave del éxito de tales movimientos es pronosticar e influir en las represalias. Si la represalia es rápida y efectiva, tal movimiento puede dejar al promotor más débil. Si es muy enérgica, el indicador puede realmente salir mucho peor que como comenzó.

#### 3. Defensivos.

La defensa más efectiva es impedir totalmente la batalla. La disciplina es una forma de defensa, de igual manera es la privación de alguna base para que el movimiento del competidor no continúe e incluso pueda obligarlo a retirarse.

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

El compromiso es de importancia en planeación y ejecución de los movimientos competitivos ofensivos o defensivos. Existen tres importantes tipos de compromiso, cada uno de ellos designado a lograr una disuación de tipo distinto: a) compromiso de que la empresa apoye de forma inequívoca un movimiento que este haciendo, b) compromiso de que la empresa ejercerá y continuará ejerciendo represalias si el competidor hace ciertos movimientos, c) compromiso de que la empresa no emprenderá ninguna acción o que desistirá de una acción<sup>23</sup>.

La comunicación de este compromiso para buscar un movimiento o en represalia contra la acción de un competidor debe ser creíble<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

### 3.2.4 EVOLUCION DEL SECTOR INDUSTRIAL

En la evolución del sector industrial, es de importancia el ciclo de vida del producto.

Un sector industrial pasa por diferentes fases o etapas, como se muestra en la figura 21<sup>21</sup>. El crecimiento del sector industrial sigue una curva en forma de S debido al proceso de innovación y difusión de un nuevo producto<sup>21</sup>.

Un marco para pronosticar la evolución sería mirar por abajo del proceso para ver lo que en realidad se mueve<sup>23</sup>.

Pueden darse cambios en el crecimiento a largo plazo por: demografía, tendencias de las necesidades, cambios en la posición relativa de sustitutos, cambios en la posición de productos suplementarios, penetración del grupo cliente, cambio del producto, etc<sup>21</sup>.

Otras características de los procesos evolutivos son<sup>23</sup>:

- Cambios en los sectores compradores atendidos.
- Aprendizaje de los compradores.
- Reducción de la incertidumbre.
- Difusión del conocimiento patentado.
- Acumulación de experiencia.
- Expansión o contracción en la escala.

---

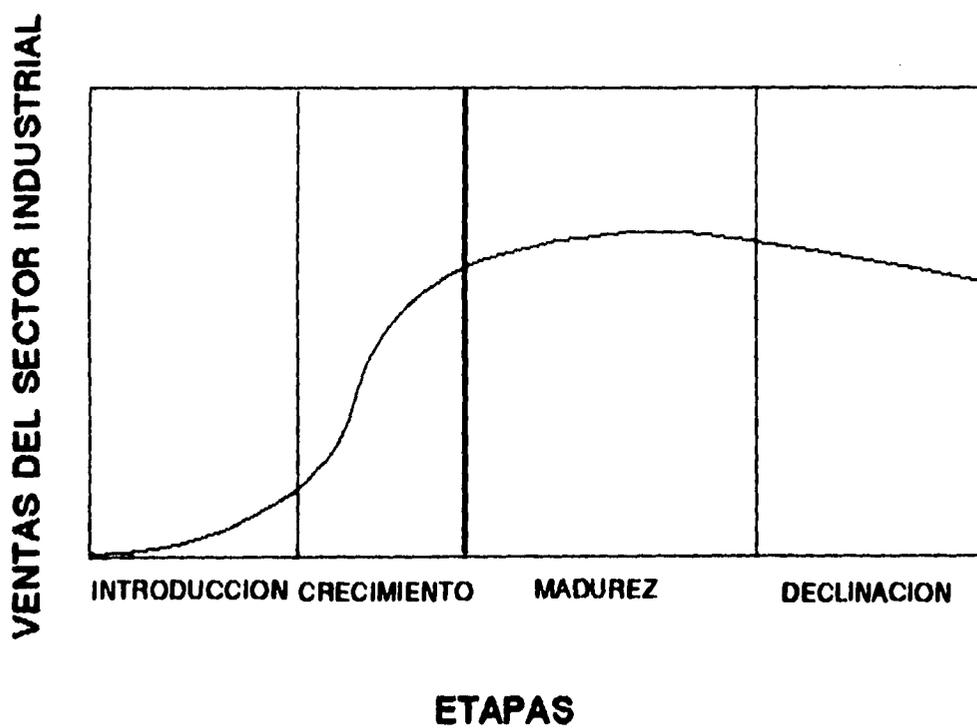
<sup>21</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

<sup>23</sup> Kotler P., *Principles of Marketing*. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.

# FIGURA 21

## CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

---



**FUENTE: PORTER (Ref. 23)**

- Cambios en los costos del insumo y tipos de cambio de la moneda:  
costo de material, comunicación, transporte, etc.
- Innovación del producto.
- Innovación en la mercadotecnia.
- Innovación en el proceso.
- Cambio estructural en los sectores industriales adyacentes.
- Cambios en la política gubernamental.
- Ingreso y salida.

Un aspecto importante que Porter señala es una transformación de la naturaleza de la competencia a causa de una revolución informativa. La información proporciona ventaja competitiva, para esto se puede llevar a cabo un tratamiento analítico a la información tecnológica que se recabe pues esta altera la estructura de la industria, ya que es la base de estrategias de costos y diferenciación, además ayuda en la búsqueda de nuevos negocios<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> Porter M., How information gives you competitive advantage. H.B.S., 1986.

### 3.2.5 SECTORES INDUSTRIALES GLOBALES

El comercio internacional es vital debido a que expande las posibilidades de consumo de los países; por esto, permite a un país consumir una mayor cantidad de todos los bienes que si cerrara sus fronteras a los productos de otros países<sup>25</sup>.

Existen muchas diferencias al competir nacionalmente e internacionalmente; generalmente se destaca la creación de una estrategia competitiva internacional<sup>21</sup>:

1. Diferencias del factor costo entre países.
2. Circunstancias que discrepan en los mercados extranjeros.
3. Diferentes acciones de los gobiernos extranjeros.
4. Diferencias en objetivos, recursos y habilidad para monitorear a los competidores extranjeros.

Un sector industrial global es aquel en el cuál las posiciones estratégicas de los competidores en las principales áreas geográficas o mercados nacionales están afectadas fundamentalmente por sus posiciones globales generales. Para analizar la competencia en un sector industrial global, es necesario examinar la economía de ese sector y los competidores en las diferentes áreas geográficas o mercados nacionales en forma conjunta más que individual<sup>21</sup>.

---

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

<sup>21</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

Los sectores industriales globales requieren que una empresa compita sobre una base mundial coordinada o que se enfrente a desventajas estratégicas. Algunos sectores industriales que son internacionales en el sentido de estar integrados por empresas multinacionales carecen de las características esenciales de un sector industrial global. Excepto en un grado limitado en el desarrollo del producto, las subsidiarias son autónomas y encuentran su equilibrio competitivo sobre la base de país por país. Una empresa no necesita competir internacionalmente para tener éxito<sup>23</sup>.

Los orígenes de las ventajas competitivas globales son<sup>23</sup>:

1. La ventaja comparativa: ventajas en costo y calidad.
2. Economías de escala en la producción: implica movimiento de exportaciones entre países.
3. Experiencia global.
4. Economías logísticas de escala.
5. Economías de escala en mercadotecnia y en las compras.
6. Diferenciación de producto.
7. Tecnología patentada del producto.
8. Movilidad de la producción.

Algunos impedimentos para la competencia global son<sup>23</sup>:

1. Económicos: necesidades diversas del producto, canales de distribución establecidos, fuerza de ventas, servicio de mantenimiento local, sensibilidad al tiempo de entrega, segmentación compleja en mercados geográficos, falta de demanda mundial.

---

<sup>23</sup> Porter M., *Competitive Strategy techniques for analyzing industries and competitors*. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.

2. Administrativos: diversas tareas comerciales, servicios locales intensivos, cambios rápidos en la tecnología.
3. Institucionales: gubernamentales, de recursos.

La evolución a estos sectores se da a manera de estímulos del entorno para la globalización, como son: economías de escala incrementadas, costos disminuidos de transporte o almacenamiento, canales de distribución racionalizados o cambiados, cambio en el factor de costos, circunstancias nacionales, sociales y económicas reducidas, reducción de restricciones gubernamentales<sup>26</sup>.

Aún en ausencia de estímulos del entorno, las innovaciones estratégicas de una empresa pueden iniciar el proceso de la globalización: redefiniendo el producto, identificando segmentos de mercado, reduciendo el costo de adaptaciones, cambiando diseño, desintegrando la producción eliminando las restricciones derivadas de los recursos o por falta de percepción<sup>26</sup>.

#### ESTRATEGIA COMPETITIVA GLOBAL.

Las bases estratégicas son las mismas tanto de una empresa de carácter internacional como en una interna en determinado país, aunque los patrones de competitividad difieren de una industria a otra de una forma multidoméstica a otra global<sup>26</sup>.

Los primeros indicios de la competitividad global se encuentran en los principios de los 90's, cuando las industrias

---

<sup>26</sup> Porter M., Competition in Global Industries. H.B.S., 1986.

pasaron de un enfoque local o regional, a uno nacional y global, gracias a las crecientes economías de escala en la producción y avances tecnológicos que superaron el crecimiento de la economía mundial. Las empresas globales han optado por homogeneizar las necesidades de sus compradores y también por la segmentación de mercados en los países. Entre las tendencias más significativas de la globalización se encuentran las drásticas reducciones en los costos de transporte y los de la comunicación que han reforzado las estrategias de las empresas internacionales. Los pioneros de la competitividad mundial han estimulado el desarrollo y crecimiento de la infraestructura para las telecomunicaciones internacionales, así como la creación de medios mundiales de publicidad<sup>27</sup>.

El juego actual de la estrategia global de competitividad parece ser de coordinación, los competidores internacionales más exitosos del futuro serán aquellos que busquen las ventajas competitivas en la configuración y coordinación global de sus procesos, superando al mismo tiempo sus barreras organizativas<sup>26</sup>.

---

<sup>27</sup> Porter M., *The Competitive Advantage of Nations*. U.S.A.: The Free Press, 1990.

<sup>26</sup> Porter M., *Competition in Global Industries*. H.B.S., 1986.

## **4 APLICACION DE LA TEORÍA DE COMPETITIVIDAD DE MICHAEL PORTER AL CASO DEL BIOXIDO DE TITANIO**

### **4.1 MARCO ECONOMICO**

En la situación económica en México los diferentes programas y acuerdos que establece el gobierno buscan el propiciar un ambiente competitivo entre otros muchos aspectos, a continuación se describen algunos aspectos importantes del Tratado de Libre Comercio con Norteamérica el cuál involucra la competencia en extranjero con Canadá y Estados Unidos, y el pacto para la estabilidad, la competitividad y el empleo, como programa de ayuda interna en los últimos años con fines a nivel nacional, pero importantes para la competencia internacional.

#### **4.1.1 El Tratado de Libre Comercio (T.L.C.)**

##### **PROTECCIONISMO Y LIBRE COMERCIO.**

El proteccionismo es un conjunto de medios y prácticas que el gobierno utiliza y realiza para decidir en relación a las importaciones, cuáles entran y cuáles no al país, en que

## **4 APLICACION DE LA TEORIA DE COMPETITIVIDAD DE MICHAEL PORTER AL CASO DEL BIOXIDO DE TITANIO**

### **4.1 MARCO ECONOMICO**

En la situación económica en México los diferentes programas y acuerdos que establece el gobierno buscan el propiciar un ambiente competitivo entre otros muchos aspectos, a continuación se describen algunos aspectos importantes del Tratado de Libre Comercio con Norteamérica el cuál involucra la competencia en extranjero con Canadá y Estados Unidos, y el pacto para la estabilidad, la competitividad y el empleo, como programa de ayuda interna en los últimos años con fines a nivel nacional, pero importantes para la competencia internacional.

#### **4.1.1 El Tratado de Libre Comercio (T.L.C.)**

##### **PROTECCIONISMO Y LIBRE COMERCIO.**

El proteccionismo es un conjunto de medios y prácticas que el gobierno utiliza y realiza para decidir en relación a las importaciones, cuáles entran y cuáles no al país, en que

cantidades y bajo que condicione entran. Para ello el gobierno recurre al cierre de fronteras, a las cuotas de importación y a los aranceles<sup>24</sup>.

Un arancel es un instrumento que los gobiernos usan para recaudar ingresos e influir en el desarrollo de determinadas industrias, pero eleva los precios nacionales de los bienes importados lo que reduce el consumo y las importaciones, elevando la producción nacional. Esto solo provoca un despilfarro económico como consecuencia de la reducción del consumo interior y del despilfarro de recursos en bienes que carecen de ventaja comparativa<sup>25</sup>.

Los fines del proteccionismo son en primer lugar proteger a los productores nacionales y en segundo, impulsar a la competitividad de las empresas protegidas. Esta práctica tiene beneficios y costos. Los beneficios trascienden a favor de los productos nacionales. Los costos recaen, primero sobre los productores extranjeros que ven restringidos o nulificados sus posibilidades de exportar y segundo sobre los consumidores nacionales que hallan limitados o derogados más y mejores oportunidades de consumo, repercutiendo negativamente en su nivel de bienestar; tercero, sobre los importadores nacionales<sup>26</sup>.

El libre comercio es la antítesis del proteccionismo; esto quiere decir que son los consumidores quienes a fin de cuentas deciden que importaciones entran y permanecen en el país, en que cantidades y bajo que condiciones sobre todo en materia de

---

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

<sup>26</sup> Danm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.

precios. Ya no es el gobierno, sino los consumidores comprando o no en el mercado los que deciden el monto y la composición del flujo de importaciones hacia el país<sup>24</sup>.

En una política económica proteccionista el comercio fomenta una división del trabajo entre los países que es mutuamente beneficiosa, mientras que en el comercio libre y abierto se permite a cada país aumentar su producción y sus posibilidades de consumo, elevando el nivel de vida del mundo. Actualmente se sostiene que es necesario proteger las industrias de la competencia extranjera<sup>25</sup>.

En condiciones de libre comercio, los bienes fluyen de los lugares en los cuáles los precios son bajos hacia los lugares en los cuáles son altos<sup>25</sup>.

Un arancel es un instrumento que los gobiernos usan para recaudar ingresos e influir en el desarrollo de determinadas industrias, pero eleva los precios nacionales de los bienes importados lo que reduce el consumo y las importaciones, elevando la producción nacional. Esto solo provoca un despilfarro económico como consecuencia de la reducción del consumo interior y del despilfarro de recursos en bienes que carecen de ventaja comparativa<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> Damm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

## EL T.L.C. DE NORTEAMERICA.

El T.L.C. es una serie de acuerdos a los que han llegado los gobiernos mexicano, estadounidense y canadiense para establecer formalmente, un mercado común desde Alaska hasta Yucatán, todo ello de conformidad con los principios y reglas del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio)<sup>28</sup>.

Los objetivos de este tratado son<sup>28</sup>:

- A) Eliminar barreras al comercio.
- B) Promover las condiciones para que se dé una competencia justa en un mercado común norteamericano (MCN).
- C) Incrementar las oportunidades de inversión.
- D) Proporcionar la protección adecuada a los derechos de propiedad intelectual.
- E) Establecer procedimientos efectivos para la aplicación del T.L.C.
- F) Establecer procedimientos eficientes para la solución de controversias.
- G) Fomentar la cooperación trilateral, regional y multilateral.
- H) Todo lo anterior conforme al GATT.

Por medio del logro de tales objetivos se pretende conseguir mayor crecimiento y más empleo, mayor competitividad y un desarrollo sostenible capaz de satisfacer mejor las necesidades

---

<sup>28</sup> Damm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.

humanas respetando los derechos de los agentes económicos y preservando y restaurando el medio ambiente<sup>25,28</sup>.

Existen unos principios rectores que son los que determinan los límites dentro de los cuáles se puede negociar y tienen que ver con el petróleo y la inversión extranjera en México<sup>25</sup>. Fundamentalmente, los sectores estratégicos deberán seguir manejados por el estado y corresponden a los indicados en el Art. 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos<sup>29</sup>:

- Acuñación de moneda.
- Correos y telégrafos.
- Radiotelegrafía.
- Comunicación vía satélite.
- Petróleo, hidrocarburos.
- Petroquímica básica.
- Minerales radioactivos.
- Generación de energía nuclear.
- Electricidad.
- Ferrocarriles, etc.

Otro elemento son las reglas de origen, que son un conjunto de procedimientos que sirven par determinar si un producto puede participar de los beneficios que son ventajas sobre los productores de países no integrantes del bloque norteamericano que otorga el T.L.C. Es por esto que habrá una

---

<sup>28</sup> Damm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

<sup>29</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Art. 28, 1993.

eliminación de todas las tasas arancelarias (impuestos de importación) en las mercancías que sean producidas en Canadá, Estados Unidos y México; durante un período de transición que puede ser hasta de quince años<sup>24</sup>.

Uno de los principales objetivos del T.L.C. es la liberación de una parte significativa del comercio norteamericano, así, a partir de facilitar lo se promueve la compra venta de productos industriales y agrícolas entre los tres países<sup>24</sup>.

Tanto las exportaciones de México a Canadá y Estados Unidos y viceversa, deberán de eliminar cuotas de importación y aranceles de manera gradual de acuerdo a los productos: inmediatamente, cinco, diez y quince años. Evidentemente que el gobierno Mexicano considera que aquellos sectores que abrirá a la competencia de inmediato al entrar en vigencia el T.L.C., son más competitivos que los que se les ha concedido más tiempo para reconvertirse hacia la competitividad<sup>24</sup>.

Son sectores especiales en la economía mexicana o de acuerdo a su desarrollo el textil, automotriz y el agrícola<sup>25, 24</sup>.

En cuanto a los servicios no entran al T.L.C. el I.M.S.S. y la S.E.P. Además como disposiciones generales se encuentran normas, prácticas desleales, compras al gobierno, salvaguardas, propiedad intelectual y solución de controversias<sup>25, 24</sup>.

En el caso de la economía mexicana, cuyo núcleo está formado por empresas, la competitividad de estas últimas es una condición necesaria para el crecimiento elevado, general y sostenido de

---

<sup>24</sup> Damm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

aquella y para conseguir la creación de empleos suficientes y lo que es todavía más importante, productivos y por lo tanto bien remunerados. La expansión de los mercados, tanto internos como externos, se consigue en base en la competitividad, y la manera de impulsarla es por medio de la competencia. Competencia, competitividad. Una manera para generar más competencia es a través de la apertura comercial y de la desgravación arancelaria, es decir, de la desgubernamentalización del comercio exterior que en el caso de México es, sin lugar a dudas un obligar a las empresas nacionales a reconvertirse a la competitividad<sup>25</sup>.

#### **4.1.2 PACTO PARA LA ESTABILIDAD, LA COMPETITIVIDAD Y EL EMPLEO (P.E.C.E.)**

Antes de octubre de 1992 se le denominaba Pacto para la Estabilidad y el Crecimiento Económico. Este pacto tenía como propósitos generales la estabilización y el crecimiento económico. Una vez desacelerada la inflación que era uno de los objetivos del Pacto de Solidaridad Económica, el siguiente paso de todo programa de ajuste consiste en la búsqueda de su estabilización en niveles bajos, de tal forma que al procederse al retiro de los controles utilizados, el aumento de precios se mantenga bajo control, lo cuál supone que su natural trayectoria no se dinamice de nueva forma.

---

<sup>25</sup> Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.

A través de las diferentes etapas del PECE se han tenido que cumplir varios objetivos<sup>10</sup>:

1. Fortalecer la capacidad de negociación con los acreedores del exterior y garantizar la estabilidad económica. Su vigencia fue del 10 ENE 89 al 31 JUL 90; fue firmado el 12 DIC 88.
2. Lograr la estabilidad de precios. Vigencia del 10 AGO 89 al 31 MAR 90; firmado el 18 JUN 89.
3. Lograr la estabilidad de precios y la recuperación económica. Vigencia hasta 31 JUL 90; firmado el 3 DIC 89.
4. Lograr la estabilidad de precios y la recuperación económica. Vigencia hasta 31 ENE 91; firmado el 27 MAYO 90.
5. Profundizar el esfuerzo para lograr la estabilidad de precios y la recuperación económica. Vigencia hasta 31 DIC 91; firmado el 11 NOV 90.
6. Abatir la inflación a un dígito. Vigencia hasta 31 DIC 91; firmado el 10 NOV 90.
7. Consolidar la estabilidad, impulsar la competitividad y fomentar el empleo. Inflación similar a la de los socios comerciales. Vigencia hasta 31 DIC 93; firmado el 20 Oct 92.
8. Alcanzar una meta de inflación de 5% y una recuperación gradual y sostenida de la actividad económica. Vigencia hasta 31 DIC 94; firmado el 3 OCT 93.

En cuanto al comercio exterior se ha revisado el marco que regula las importaciones para evitar la competencia desleal. En las relaciones laborales se revisarán contratos colectivos, se

---

<sup>10</sup> Información proporcionada por el Centro de Estudios Económicos de CANACINTRA.

suscribió el acuerdo nacional para la elevación de productividad y se han incrementado los salarios<sup>30</sup>.

En el contexto de renovación del PECE séptima etapa responde entre otras cosas a la necesidad de conceder mayor relevancia y atención al aumento de la Competitividad y Productividad, aspectos vitales para mejorar la eficiencia microeconómica y responder a los desafíos de la apertura comercial y el T.L.C.<sup>31</sup>

También se acordó el actualizar el marco normativo en materia de competencia, transferencia de tecnología inversión extranjera, normalización, investigación y propiedad industrial. Así mismo, se continuará el fomento al comercio exterior, a la micro, pequeña y mediana industria y se mantendrán los programas Sectoriales de Modernización<sup>31</sup>.

La tabla 22 proporciona los criterios de clasificación de las empresas.

El impacto del deslizamiento del tipo de cambio permite recuperar competitividad, esto es, precio en parte del sector exportador, fomentando aquellas ventas foráneas que por la sobrevaluación de la moneda se vieron afectadas<sup>31</sup>. En las primeras etapas del pacto el deslizamiento fue de un peso diario, a partir de la sexta etapa el deslizamiento fue de 20 centavos diarios y a partir de la séptima etapa este deslizamiento es de 40 centavos diarios dentro de una banda de flotación.

---

<sup>30</sup> Información proporcionada por el Centro de Estudios Económicos de CANACINTRA.

<sup>31</sup> CANACINTRA, PECE, séptima etapa, 1993.

TABLA 22  
CLASIFICACION DE LAS EMPRESAS

TAMAÑO DE EMPRESA	VENTAS ANUALES	No. DE EMPLEADOS
MICRO	Hasta N\$ 900. Miles	Hasta 15
PEQUEÑA	Hasta N\$ 9.0 Millones	Hasta 100
MEDIANA	Hasta N\$ 20.0 Millones	Hasta 250
GRANDE	Más de N\$ 20.0 Millones	Más de 250

Fuente: Nacional Financiera<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Información proporcionada por Departamento de Información de NAFIN, Nov., 1993.

## 4.2 LA ESTRATEGIA COMPETITIVA Y EL BIOXIDO DE TITANIO

En el capítulo 2 se han desarrollado las características generales de la industria del Bióxido de Titanio, mientras que en el capítulo 3, se describe la estrategia competitiva de Michael Porter, cuyo modelo es una herramienta analítica para conocer la situación de la competencia y establecer la competitividad en el sector industrial.

Para aplicar el modelo de Porter a la industria del Bióxido de Titanio, se desarrollan las fuerzas de competitividad involucradas en este sector, que son:

### I. Rivalidad entre competidores.

1. Reconocer los competidores del sector industrial del Bióxido de Titanio.

El número de competidores y el equilibrio entre ellos establecen el número de compañías que hay dentro del sector y las que poseen la gran mayoría del mercado.

2. Crecimiento del sector industrial.

El crecimiento del sector industrial en México puede ser comparado con respecto al PIB nacional.

3. Costos fijos o de almacenamiento.

Los costos fijos pueden ser tan altos que incluso puedan obligar a las empresas a operar a plena capacidad.

4. Falta de diferenciación.

Los compradores pueden basar su compra en precio, servicio o calidad del producto.

5. Incrementos importantes de la capacidad.

Proporciona información de la demanda del producto.

6. Competidores diversos.

Estos pueden tener estrategias similares o diferentes.

7. Intereses estratégicos elevados.

Algunas compañías pueden presentar un gran interés en lograr el éxito.

8. Fuertes barreras de salida.

Los activos quizá son tan especializados que presentan poco valor de liquidación o elevados costos de conversión en las empresas que fabrican el pigmento.

Los costos fijos de salida como contratos laborales, reinstalación, repuestos, etc., pueden ser muy altos para salir.

Las interrelaciones estratégicas entre empresas que existen pueden afectar la imagen, acceso a mercados financieros, mercadotecnia, etc.

Las barreras emocionales pueden ser muy fuertes.

Puede haber alguna ley o motivo que no apoye el cierre de la empresa (restricciones gubernamentales).

II. Poder negociador de los proveedores.

1. Proveedores de Bióxido de Titanio.

Los más importantes son los de ilmenita, cloro y coke, para el proceso cloruro y, ácido sulfúrico e ilmenita en el proceso sulfato.

2. Competencia con sustitutos.

La materia prima puede ser sustituible con otros productos.

### 3. Relación proveedor-secciones industriales.

El proveedor puede vender únicamente a este sector industrial o también a otros. En el caso de los proveedores de ilmenita vender en otro sector diferente a este sería muy difícil.

### 4. Importancia de la materia prima.

El insumo del proveedor es importante para el éxito del proceso y/o del producto.

### 5. Diferenciación de proveedores.

El comprador presenta altos costos por cambiar de proveedor.

### 6. Integración hacia adelante.

La posibilidad de que el proveedor se integrase hacia adelante y presente una amenaza al comprador.

## III. Poder negociador de los compradores.

### 1. Compradores del Bióxido de Titanio.

Compradores de las industrias de pinturas, plásticos y papel, principalmente.

### 2. Relación materia prima proveedor-comprador.

Los productos que vende el sector industrial representan una fracción importante de los costos de materia prima de los fabricantes de artículos de plástico, papel, etc.

### 3. Productos no diferenciados.

Los compradores tienen proveedores alternativos del pigmento ya sea de la misma o diferentes marcas.

### 4. Costos bajos por cambiar de proveedor.

El comprador está amarrado a un proveedor por los altos costos de cambio.

5. Devenga bajas utilidades.

Los compradores de las industrias mencionadas presentan altas, medias o bajas utilidades con respecto al sector industrial.

6. Integración hacia atrás.

El comprador podría integrarse hacia atrás y competir dentro del sector industrial al fabricar el pigmento.

7. Importancia del producto.

El Bióxido de Titanio del sector industrial es importante para la calidad de los productos del comprador.

8. Información.

El comprador tiene información total del proveedor como demanda, precio, costos del proveedor, etc.

9. Influencia de los consumidores.

El comprador es influido por los consumidores finales sobre la decisión de compra del pigmento.

IV. Amenaza de ingreso.

1. Ingreso de nuevas compañías.

Identificar compañías que ingresarán al sector de fabricación de Bióxido de Titanio.

2. Economías de escala.

Las compañías establecidas manejan economías de escala en alguna área de la industria principalmente.

3. Costos conjuntos.

Costos que sean absorbidos por los productores junto con otras líneas de producción.

#### 4. Diferenciación de producto.

Hay identificación de marca y lealtad entre clientes, lo que se deriva de publicidad en el pasado, servicios al cliente, diferencias del producto o por haber sido los primeros en el mercado.

#### 5. Requisitos de capital.

Para ingresar a este sector industrial se requieren grandes recursos financieros.

#### 6. Costos cambiantes.

El comprador de este sector industrial presenta costos al cambiar a un proveedor de nuevo ingreso.

#### 7. Acceso a los canales de distribución.

Las empresas de nuevo ingreso tienen igual acceso a los canales de distribución servidos por las empresas establecidas.

#### V. Presión de productos sustitutos.

Identificar los productos con las mismas funciones y características similares al Bióxido de Titanio.

#### 4.3 COMPETITIVIDAD DEL BÍOXIDO DE TITANIO EN MEXICO

Para conocer la competitividad del Bióxido de Titanio en México se ha realizado una encuesta en 20 empresas consumidoras del pigmento en un mercado con requerimientos entre 2 y 12 toneladas mensuales promedio. De estos consumidores 8 son fabricantes de pinturas, 5 de plástico, 2 de hule y los restantes son fabricantes de diversos artículos como pintura, plásticos, hule, cerámica, pegamentos, etc.; tales empresas actualmente se encuentran en operaciones y el Bióxido de Titanio es materia prima indispensable para la elaboración de su producto. De esta manera se obtiene información de una porción representativa de los consumidores nacionales, que proporciona información de la rivalidad entre competidores, la amenaza de ingreso y la presión de productos sustitutos en el mercado mexicano.

Para desarrollar el poder negociador de los proveedores únicamente se tomaran datos de Dupont ya que es el único fabricante en el país.

En la tabla 23 se muestra la encuesta aplicada y los resultados son proporcionados en el siguiente capítulo.

TABLA 23.

ENCUESTA A CONSUMIDORES DE BIOXIDO DE TITANIO

1.	¿Cuántas marcas de TiO <sub>2</sub> conoce?
2.	¿De que marca compra?
3.	La compra se basa en precio, servicio, o calidad del producto.
4.	¿A que precio compra el producto?
5.	La calidad es: Muy buena__ Buena__ Regular__ Mala__ Muy mala__
6.	El servicio es: Muy bueno__ Bueno__ Regular__ Malo__ Muy malo__
7.	¿Existe una gran diferencia entre el mismo producto de diferente fabricante o son muy parecidos en las propiedades que ofrecen?
8.	¿Los proveedores de las distintas marcas difieren o usan estrategias similares al ofrecer su producto?
9.	¿Los costos por cambiar de proveedor son altos?
10.	¿El TiO <sub>2</sub> , puede ser sustituible por otro producto?
11.	¿El TiO <sub>2</sub> , representa una fracción importante de los costos de materia prima?

12.	<p>¿Cuenta con varios proveedores alternativos para una misma marca?</p> <p>¿Para diferente marca?</p> <p>¿Que cantidad?</p>
13.	¿Podría su empresa elaborar el TiO <sub>2</sub> ?
14.	¿Cuenta con información total del TiO <sub>2</sub> ?
15.	¿Tiene influencia sobre la desición de compra por parte de los consumidores finales?
16.	<p>El tiempo de entrega del proveedor es:</p> <p>Inmediato__ Regular__ Tardado__ Muy tardado__</p>

## 5 RESULTADOS

### 5.1 FABRICANTES.

#### 5.1.1 FABRICANTES INTERNACIONALES

A nivel internacional, existen muchos fabricantes de Bióxido de Titanio cuyas empresas líderes son: Dupont (Estados Unidos), Tioxide (Reino Unido), Kronos (Alemania), S.C.M. (Estados Unidos), Kemira (Corea del Sur), Ishihara (Japón) y Kerr-McGee (Estados Unidos).

#### 5.1.2 FABRICANTES NACIONALES.

En México existe un fabricante de Bióxido de Titanio, perteneciente a la corporación Dupont, cuya planta está ubicada en Altamira, Tamps.; en ella se maneja al 100% el proceso cloruro y cuenta con capacidad para producir 80 mil toneladas al año.

La capacidad y producción se observan en la Gráfica 3 (Cap. 2.9.5). En la Gráfica 4 (Cap.2.9.7) se muestran las importaciones y exportaciones del producto en México.

### 5.2 PORCENTAJE DE PARTICIPACION EN EL MERCADO.

En 1993 se publica que Dupont cubre en México el 90% del mercado<sup>33</sup>. La encuesta de la Tabla 23, se aplicó a consumidores del producto en México que requieren entre 2 y 12 toneladas del pigmento, los resultados se muestran en la Tabla 24.

---

<sup>33</sup> "Inauguró Dupont de México Nuevo Centro de Servicio Técnico de Pigmentos Blancos. Inversión 1.3 mdd". *EL FINANCIERO*, México D.F.: 2 de abril, 1993.

TABLA 24

COMPETENCIA DEL BIOXIDO DE TITANIO EN MEXICO

FABRICANTE	DUPONT	TIOXIDE	S.C.M.	KRONOS
MARCA COMERCIAL	TIPURE	TIOXIDE	TIONA	KRONOS
PROCESO	100% Cloruro	94% Sulfato	70% Cloruro	51% Sulfato
PRECIO PROMEDIO N\$/kg	7.00	6.40	6.00*	6.30
CALIDAD	Muy buena	Buena	Buena	Buena
SERVICIO	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
DISPONIBI- LIDAD	Inmediata	Inmediata	Tarda	Inmediata
% MERCADO NACIONAL	85.00	5.00	5.00	5.00

\* Producto puesto en frontera.

Resultando de la encuesta realizada, que Dupont cubre el 85% del mercado mexicano con producto nacional e importado (75 y 10% respectivamente), el restante 15% lo cubren Tioxide, S.C.M. y Kronos, siendo su principal ventaja competitiva un precio más bajo.

### 5.3 PLANTAS CERRADAS.

En la tabla 25 se muestran las plantas cerradas en 1990. Nótese que se trata de plantas con el proceso sulfato.

TABLA 25  
PLANTAS CERRADAS, 1990

COMPAÑIA	PAIS	CAPACIDAD
S.C.M.	Inglaterra	20 000 ton., proceso sulfato
Tioxide	Australia	20 000 ton., proceso sulfato
Cronos	Canadá	20 000 ton., proceso sulfato
Tioxide	Canadá	45 000 ton., proceso sulfato

Fuente: Dupont<sup>13</sup>

### 5.4 AMENAZA DE INGRESO.

No se tiene conocimiento de alguna compañía que este por ingresar al sector.

---

<sup>13</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

### 5.5 PRODUCTOS SUSTITUTOS.

No se sabe de otro producto con características similares al Bióxido de Titanio que le pueda sustituir.

### 5.6 MATERIA PRIMA.

Para la elaboración del Bióxido de Titanio en la planta de Altamira Tamps., el mineral usado principalmente proviene de Australia y Estados Unidos (v. Cap. 2.9.2), los yacimientos nacionales de este mineral no son usados como materia prima por no contar con la composición adecuada<sup>11</sup>.

### 5.7 ESPECIFICACIONES.

Las principales características que debe tener el pigmento de Bióxido de Titanio según la American Society for Testing and Materials (ASTM), de acuerdo a la norma ASTM D476-73, se describen en la tabla 26:

TABLA 26

ESPECIFICACIONES ASTM PARA LOS PIGMENTOS DE BIOXIDO DE TITANIO

	Tipo I Anatasa	Tipo II Rutilo	Tipo III Rutilo	Tipo IV Rutilo
TiO <sub>2</sub> Porcentaje Mínimo	94	92	80	80

<sup>11</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

Resistencia específica de los materiales solubles en agua, ohm/cm mínimo	5000	5000	3000	3000
Humedad y otros compuestos volátiles (pérdida entre 105°C y 100°C), porcentaje máximo	.7	.7	1.5	1.5
Peso específico	3.8 a 4.0	4.0 a 4.3	3.6 a 4.3	3.6 a 4.3
Partículas gruesas, porcentaje máximo	0.2	0.2	0.2	0.2

Fuente: ASTM<sup>34</sup>

<sup>34</sup> Anual Book of ASTM Standards. Sec. 6, Vol 06.01 Paints, Related Coating and Aromatics. U.S.A.: ASTM, 1993.

## 6 ANALISIS DE RESULTADOS

Estrategias genéricas.

Al enfrentar las fuerzas competitivas, las tres estrategias genéricas de éxito potencial son:

- Liderazgo general de costo.
- Diferenciación.
- Enfoque o alta segmentación.

También se ha mencionado que la empresa que se posicione a la mitad sigue más bien una estrategia perdedora pues dejan ver un mal funcionamiento.

Entre los competidores del Bióxido de Titanio, el liderazgo general en costos se observaría en el precio final del producto; la diferenciación, en una línea de producto de acuerdo a las necesidades del cliente, por ejemplo un grado especial para ser empleado en pinturas, que difiere para el uso en plásticos, este a su vez diferente para un grado destinado a papel, etcétera, y la alta segmentación se enfocaría en un segmento en particular, por ejemplo, una línea de productos para los consumidores que fabrican plásticos, ya que el tipo de éste varía de acuerdo al producto final: un grado especial para elaborar tubería de plástico, diferente a otro grado para elaborar artículos plásticos que se expondrán a la intemperie, diferente a su vez de otro grado para elaborar aparatos domésticos de plástico, etc.

Evolución del sector.

El uso del Bióxido de Titanio (v. Cap. 2.1 Descubrimiento e Historia), empezó a principios de este siglo para la industria de los pigmentos. En la gráfica 2 se muestra su producción mundial donde se observa que esta se ha duplicado en los últimos veinte años (v. Graf. 2); la forma en que se ha llevado a cabo ha sido de manera constante y ascendente.

A largo plazo el crecimiento del sector sufre cambios por demografía pues el aumento de la población mundial implica aumento de artículos de consumo en las industrias de plásticos, textiles, papeleras, etc.; cambios en la posición de productos suplementarios, donde nuevos productos con características y funciones similares a las del Bióxido de Titanio puedan llegar a hacerle frente al quitarle algún segmento del mercado o incluso el mercado completo; que el grupo cliente encuentre un período largo de penetración, que podría ser el caso del tratar de fomentar su uso en la industria alimenticia; el cambiar de producto, por ejemplo si se quisiera fabricar un grano más grueso propio para la industria cerámica no así para la mayoría de los clientes, etc.

Dentro de los procesos evolutivos otros cambios que podrían ocurrir son:

- a) cambios en los sectores atendidos, y en este caso los principales sectores son el de pinturas, plásticos y papel,
- b) aprendizaje de los compradores,
- c) reducción de incertidumbre, dando servicio puede superarse al igual que en b),

- d) acumulación de experiencia, que pudiese ser el principio de una integración hacia adelante,
- e) cambios en los costos del insumo,
- f) innovación del producto, al promover las mejoras en el producto así como nuevas líneas que atienden al mercado,
- g) innovación en la mercadotecnia, al conocer las necesidades del mercado,
- h) innovación en el proceso, en este caso el cambio de proceso sulfato al cloruro por los líderes, etc.

Los sectores industriales globales evolucionan con estímulos del entorno como son las economías de escala, los costos disminuidos de transporte o almacenamiento, canales de distribución racionalizados o cambiados, cambio en el factor de costos, circunstancias nacionales, sociales y económicas reducidas, reducción de las restricciones gubernamentales. Pero aún en ausencia de estímulo del entorno el proceso de globalización puede ser iniciado por las innovaciones estratégicas, que en este caso podrían ser:

- a) identificando segmentos del mercado, que en este caso si existen porque según los usos que identifica Dupont (Fig. 14) diversos segmentos se encuentran dentro de las especialidades, como son alimentos, cosméticos, fármacos, etc.,
- b) cambiando diseño, por ejemplo, al adicionarle otros modificadores de superficie para mejorar otra propiedad para favorecer ciertos usos además de las ya existentes, etc.

M. Porter señala que competir globalmente puede ser en línea amplia, en un enfoque nacional o en un sector básico mundial (v. Cap. 3.2.5). Esta forma de competir comienza a principios de los 90's, al pasar las industrias de un enfoque local o regional a uno nacional y global, y las tendencias más significativas de esta globalización son la reducción en los costos de transporte y comunicación, que han sido reforzadas por las estrategias de las empresas internacionales. Por lo tanto la competencia global es relativamente reciente y también ya necesaria para la industria del pigmento en estos días.

## **FUERZAS QUE MUEVEN A LA COMPETENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DEL BLOXIDO DE TITANIO.**

### **I. RIVALIDAD ENTRE COMPETIDORES.**

Existen seis compañías que poseen el 76% del mercado mundial en el sector, que son: Dupont, Tioxide, S.C.M., Kronos, Kemira, e Ishihara; el 24% restante lo cubren pequeñas compañías en varios países. En la figura 15 (Cap. 2.9.8) se indican los porcentajes por fabricante.

En la República Mexicana, sólo existe una fábrica de pigmento perteneciente al corporativo Dupont S.A. de C.V., el cuál algunas fuentes señalan que cubre el 90% del mercado hasta

M. Porter señala que competir globalmente puede ser en línea amplia, en un enfoque nacional o en un sector básico mundial (v. Cap. 3.2.5). Esta forma de competir comienza a principios de los 90's, al pasar las industrias de un enfoque local o regional a uno nacional y global, y las tendencias más significativas de esta globalización son la reducción en los costos de transporte y comunicación, que han sido reforzadas por las estrategias de las empresas internacionales. Por lo tanto la competencia global es relativamente reciente y también ya necesaria para la industria del pigmento en estos días.

## **FUERZAS QUE MUEVEN A LA COMPETENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DEL BIOXIDO DE TITANIO.**

### **I. RIVALIDAD ENTRE COMPETIDORES.**

Existen seis compañías que poseen el 76% del mercado mundial en el sector, que son: Dupont, Tioxide, S.C.M., Kronos, Kemira, e Ishihara; el 24% restante lo cubren pequeñas compañías en varios países. En la figura 15 (Cap. 2.9.8) se indican los porcentajes por fabricante.

En la República Mexicana, sólo existe una fábrica de pigmento perteneciente al corporativo Dupont S.A. de C.V., el cuál algunas fuentes señalan que cubre el 90% del mercado hasta

1993<sup>33</sup>. Se sabe que el resto de la competencia mundial lucha por conseguir parte del mercado mexicano, compañías como Tioxide, S.C.M., Kronos y Kemira, son las más identificadas por compradores del pigmento en México.

El crecimiento del sector de Bióxido de Titanio con respecto al PIB nacional no tiene influencia marcada como se observa en la gráfica 5.

Los costos fijos existentes no obligan a las empresas a operar a plena capacidad pues a nivel nacional, el único fabricante opera a un 89.07% de su capacidad en promedio; esto se observa en la figura 22. Las únicas veces que la producción fue mayor que la capacidad instalada representan casos aislados ya que no hay tendencia marcada en los años que le preceden y el promedio indica que esta planta desea trabajar normalmente a un 90% de su capacidad instalada. Entonces, si existen altos costos fijos (los que son independientes del volumen de producción), estos no obligan a la empresa a operar a plena capacidad, la explicación a esto sugiere que: a) no hay altos costos fijos o de almacenamiento determinantes y, b) a través del resto del corporativo en el mundo, Dupont puede hacer frente a dichos costos si de verdad existen en la producción nacional.

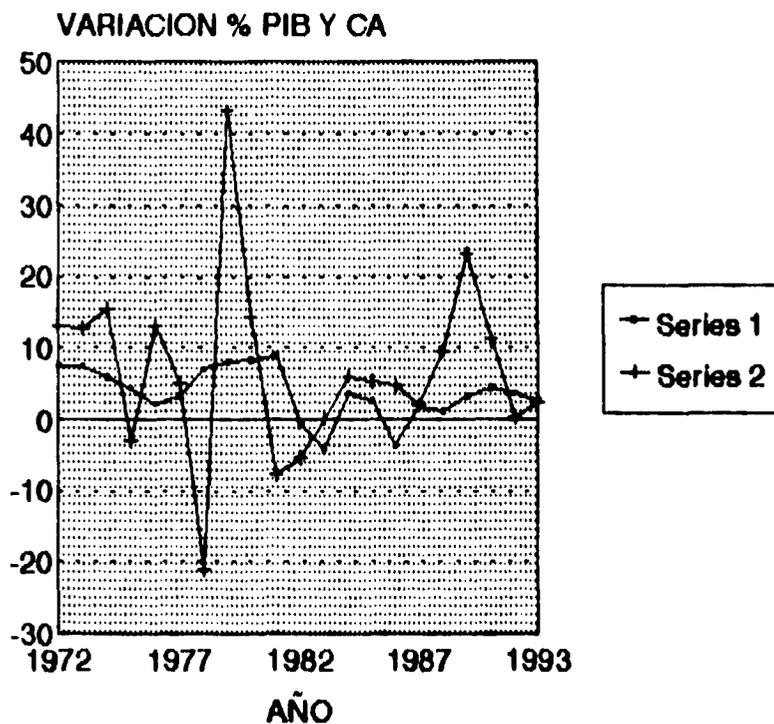
De acuerdo a la encuesta realizada, los compradores pueden basar su compra en precio, servicio o calidad del producto; siendo el producto de Dupont el que más se consume (85% del mercado nacional); esto significa una gran ventaja para este fabricante ya que al ser una empresa no gubernamental y contar

---

<sup>33</sup> "Inauguró Dupont de México nuevo Centro de Servicio Técnico de Pigmentos Blancos. Inversión 1.3mdd". *EL FINANCIERO*. México D.F.: 2 de abril, 1993.

# GRAFICA 5

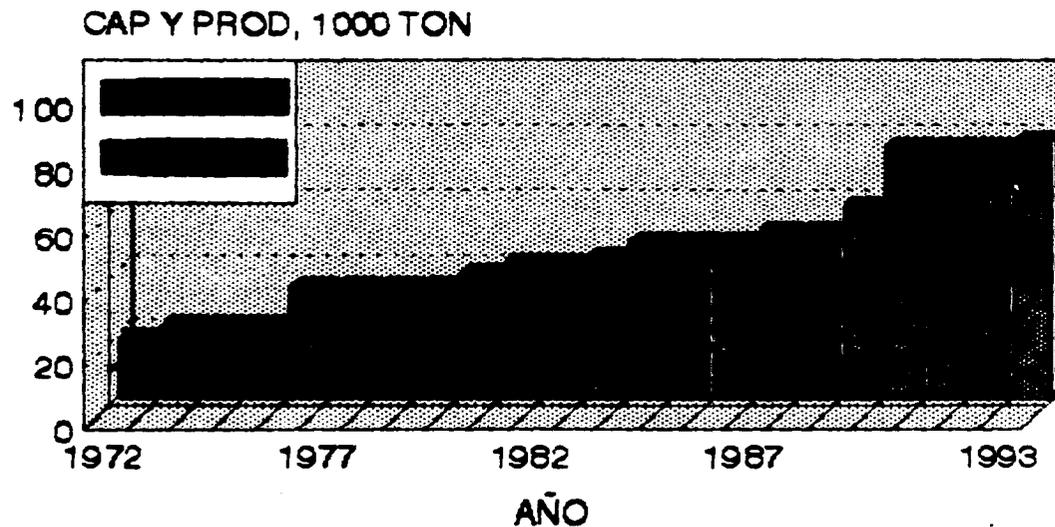
## PIB NACIONAL E INCREMENTO EN CA



FUENTE: ANIQ (Ref. 15)  
SERIE 1. PIB NACIONAL  
SERIE 2. INCTO. EN CAPACIDAD APARENTE (CA)

# FIGURA 22

## CAPACIDAD INSTALADA Y PRODUCCION NACIONAL



% PROMEDIO DE PRODUCCION RESPECTO A LA CAPACIDAD: 89.07  
FUENTE. ANIQ

con la mayoría de los compradores del mercado, puede aprovechar las características de un monopolio no reglamentado donde el fabricante está en libertad de establecer precios en lo que el mercado pueda soportar, a no ser que tuviera temor a la reglamentación gubernamental, al deseo de no atraer a la competencia, etc. En México la reglamentación gubernamental afecta principalmente a la pequeña y micro empresas; Dupont S.A. de C.V. no cae en estos rangos: en 1992 reporta ventas por USD\$ 667 millones<sup>35</sup>, que equivalen aproximadamente a N\$ 2153.3 millones y en los criterios de Nacional Financiera, más de N\$ 20 millones en ventas anuales es considerada una empresa grande (Cap. 4.1). El deseo de no atraer a la competencia es factible ya que si bien el fabricante nacional no ofrece el mejor precio, el producto por ejemplo de S.C.M. cuenta con un buen precio pero puesto en frontera, los gastos de importación y transporte para llevar el producto a planta hacen que la oferta sea poco atractiva.

En los últimos 12 años se han realizado incrementos importantes en la capacidad de los productores del pigmento, a nivel nacional se ha duplicado la capacidad instalada (Ver gráfica 3, Cap. 2.9.5) y a nivel internacional la capacidad instalada se ha incrementado en un 31.30% (Ver gráfica 2, Cap. 2.9.5).

---

<sup>35</sup> Alvarez C., "Interesan a Dupont plantas mexicanas". El Norte. México: 2 de abril, 1993.

A nivel internacional las estrategias de las compañías fabricantes de Bióxido de Titanior son similares, lo que a nivel nacional se ve muy poco debido a la no fuerte presencia del resto de los competidores.

Las compañías líderes presentan indudablemente un gran interés en lograr el éxito puesto que cuentan con productos que compiten en calidad, servicio y precio. En calidad, al buscar las mejores tecnologías que en este caso es la de cloruro tan solo por producir una séptima parte de desperdicios comparando con el proceso sulfato, en servicio al crear centros de servicio especializados con atención exclusiva a clientes como lo hace el líder mundial<sup>33</sup> y en precio se observa que la competencia pese a tener condiciones adversas en México frente a Dupont ha podido entrar a este mercado con un precio de competencia.

La tabla 27 presenta las características de los procesos sulfato y cloruro de manera comparativa.

---

<sup>33</sup> "Inauguró Dupont de México nuevo Centro de Servicio Técnico de Pigmentos Blancos. Inversión 1.3mdd". *EL FINANCIERO*. México D.F.: 2 de abril, 1993.

TABLA 27

CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS SULFATO Y CLORURO

	PROCESO CLORURO	PROCESO SULFATO
Tipo de operación	Continua	Por lotes
Pureza del producto	Mayor del 90 %	Menor del 90%
Blancura	Mayor	Menor
Materia prima	Ilmenita, rutilo, cloro, coke.	Ilmenita, ácido sulfúrico.
Relación costos de materia prima	3	1
Dificultad de Tecnología	Muy difícil: Temperaturas altas, problemas de corrosión.	No tan difícil: reacción con ácido sulfúrico, cristalización e hidrólisis
Toxicidad	Alta: grandes cantidades de Cl, TiCl <sub>4</sub> y subproductos de cloración.	-

Tipo de cristal	Rutilo. No se puede obtener anatasa a gran escala.	Anatasa y rutilo.
Relación de desechos	1	7
% Uso de proceso.		
1971	16.06	83.93
1975	24.57	75.42
1981	33.36	66.63
1985	35.00	65.00
1993	51.42	48.57

En las barreras de salida se observa que los activos son tan especializados que realmente presentan poco valor de liquidación y elevados costos de conversión, así Tioxide en 1990 cerró dos plantas con capacidad total de 65 000 toneladas anuales usando el proceso sulfato (v. tabla 25) y en 1991 adquiere el 50% de una planta de Kronos que usa el proceso cloruro<sup>17</sup>, tecnología que presenta gran dificultad tecnológica por las temperaturas altas, problemas de corrosión, peligrosa toxicidad a causa de grandes cantidades de cloro, tetracloruro de titanio y otros subproductos

<sup>17</sup> Layman P. & Reisch M., Tioxide, Kronos plan TiO<sub>2</sub> plan joint venture. C&EN, February 8 (1993) 8.

de cloración, por lo que los materiales de esta tecnología se encarecen (v. tabla 27).

Se estima que los costos de salida en el caso del productor nacional deben ser muy altos ya que se manejan grandes volúmenes de producción; a nivel mundial tan solo en 1990 Dupont contaba con más de 145 000 empleados<sup>13</sup>.

En el país no se sabe de alguna ley o motivo que represente una restricción gubernamental; hay que recordar que la materia prima principal viene del extranjero.

## **II. PODER NEGOCIADOR DE LOS PROVEEDORES**

Debido a que el proceso cloruro es la tecnología que los fabricantes de Bióxido de Titanio están usando en mayor proporción en el mundo (51.42% en 1993), y que en México Dupont utiliza dicho proceso al 100%, los proveedores son los que proporcionan la materia prima que en orden de importancia es: ilmenita, cloro, coque, tricloruro de aluminio, oxido de aluminio y bióxido de silicio.

La ilmenita es la materia prima de mayor importancia y para abastecer a la planta de Altamira se importa de E.U. y Australia; en México se sabe de yacimientos que contienen también este mineral pero no cuentan con la composición deseada en un contenido alto de ilmenita.

---

<sup>13</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

Es difícil usar materia prima sustituta como en el caso de la ilmenita, sin embargo en la parte del acabado hay más probabilidades de encontrar sustitutos. Según los requerimientos de uso final, se le dan diversos tratamientos para modificar al  $TiO_2$ , generalmente se usa la precipitación con hidróxidos de silicio (silicon), aluminio o zinc, sobre la superficie de las partículas del pigmento. Pero también se pueden usar tratamientos individuales con hidróxido o combinaciones de ellos donde quizás se pueda optimizar el rendimiento en aplicaciones específicas. Es entonces en la etapa de acabado donde los aditivos finales pueden ser sustituibles.

El resto de las compañías que proveen a la planta de Altamira también venden en otros sectores de la industria: los proveedores de cloro como Cloro de Tehuantepec, S. A. de C. V., Industria Química del Istmo S. A., Fertilizantes Mexicanos S. A., Penwalt S. A. de C. V., Penwalt del Pacífico S. A. de C. V., etc., junto con otros productos químicos industriales atienden a sectores como tratamiento de aguas, agroquímicos, productos para la industria metalmeccánica, etc.; los proveedores de tricloruro de aluminio como Alquimia Mexicana S. de R. L. y Pyosa S. A. de C. V., atienden a la industria química, farmacéutica y alimenticia; los proveedores de coque como Carbón Mineral de México, S. A., Charlotte Chemical Inc., Coke de México S. A., etc., ofrecen otros tipos de carbón como el vegetal y el mineral además de óxidos (de níquel, cobre) carbonatos y sulfatos, entre otros; los proveedores de óxido de aluminio como Alquimia Mexicana S. de R. L., Cia. Química Industrial Neumann, S. A. de C.V. y Spectrum Chemical Mfg. Corp, entre otros, atienden también

a la industria farmacéutica, de alimentos, química así como cosmética; y los que proveen el bióxido de silicio como Vitro PQ y Alquimia Mexicana S. de R. L. principalmente, atienden al sector textil, papelerero, construcción, cerámico, cervecero, maderero, etc.

El cambiar de proveedor no representa altos costos al comprador ya que a excepción de la ilmenita para el resto de la materia prima existen muchas compañías que son proveedoras, lo que representa disponibilidad y un precio semejante de estos productos.

El peligro de que algún proveedor pueda integrarse hacia adelante no existe: de acuerdo a la figura 16 y a la tabla 26, la dificultad tecnológica que están usando los líderes es alta; además de que para figurar entre los líderes se necesitan volúmenes de producción muy altos. A nivel internacional Dupont tiene ventaja sobre sus competidores al contar con sus propias operaciones de minería.

### **III. PODER NEGOCIADOR DE LOS COMPRADORES**

Las ventas por segmento nacional obedecen principalmente a sectores como: pinturas, plásticos, papel y especialidades. Por los volúmenes usados el pigmento que vende el sector industrial representa una fracción importante de los costos de materia prima del comprador de las industrias de pinturas, plásticos y papel.

El Bióxido de Titanio es un producto no diferenciado o sea estándar, ya que el producto sea de cualquier marca sirve para los mismos usos y cuenta con las mismas propiedades en un mejor o diferente desarrollo, por lo tanto los compradores nacionales solo tienen como alternativa a los líderes mundiales, entre los que se encuentra el fabricante nacional. En cierta medida los compradores nacionales hasta 1993 han estado amarrados al fabricante nacional ya que los costos por cambiar de proveedor son altos: el usar cualquier otra marca significa incluir en el precio gastos de transporte, pago de aduanas e impuestos, lo que resulta ser poco atractivo.

A partir de 1994 ya en vigor el T.L.C. se benefician principalmente los competidores del pigmento con origen en Canadá y Estados Unidos. Más beneficiados aún serán los compradores y la competitividad nacional, porque entonces el consumidor tiene más y mejores opciones a elegir de entre varias marcas. El pigmento nacional debe aprovechar que ya es conocido por el mercado mexicano y conservar a sus clientes.

Recientemente, los compradores no presentan las mejores utilidades con respecto al sector industrial. Esto se puede observar en la fortaleza de los sectores industriales: en 1993 buena parte de la industria pasó un mal año pues la política económica concentró sus herramientas en torno al propósito de reducir aún más la inflación y afirmar el proceso estabilizador aún cuando esto significa menor crecimiento de la producción y el empleo<sup>6</sup>. Así por ejemplo, la industria del plástico que en México representa el 11.62% de los consumidores de Bióxido de

---

<sup>6</sup> CANACINTRA, MACROANALISIS, México D.F., Dic. 93.

Titanio reportó que en 1993 cerraron 450 empresas por falta de créditos y altos costos, siendo la estructura de este sector: grandes 7%, medianas 12%, micro 38% y pequeñas 43%<sup>17</sup>. Las bajas utilidades se presentan en esta industria por estar conformada en gran parte por la pequeña y micro empresas (ambas son el 81%). Otro ejemplo es el de la industria textil que para el T.L.C. se considera sector especial dentro de la economía mexicana o de acuerdo a su desarrollo; el caso es similar: las micro y medianas empresas representan el 85% de la estructura industrial del ramo, las medianas el 7% y las grandes el 5%<sup>18</sup>.

Aún los fabricantes de pinturas en el país (que son los mejores clientes del producto) que consumen grandes volúmenes del pigmento como COMEX S.A. de C.V., no cuentan con la suficiente infraestructura como para representar una posibilidad de integración hacia atrás, por lo que pierden un gran terreno en lo que se refiere al poder de negociación de compra.

El Bióxido de Titanio es importante para la calidad de los productos del comprador ya que genera el color blanco y propiedades como la de opacificación, absorción de la luz visible, índice de refracción elevado, etc., entre otras muchas características únicas que ofrece el pigmento a los distintos sectores donde es usado (v. Cap. 2.9.2).

---

<sup>17</sup> Martínez O., "Requerirá la industria del plástico inversiones por USD\$ 3,900 millones". *EL ECONOMISTA*. México D.F.: 27 de enero, 1994.

<sup>18</sup> Martínez O., "La industria Textil". *EL ECONOMISTA*. México D.F.: 24 de enero, 1994.

En México los compradores tienen información de precios, demanda, costos de proveedor, etc., de la mayoría de sus proveedores de pigmento y principalmente de Dupont debido a su presencia.

#### **IV. AMENAZA DE INGRESO**

No se sabe del ingreso de nuevas compañías al sector del Bióxido de Titanio, de acuerdo a los compradores entrevistados, y las compañías líderes manejan economías de escala, es decir, altos volúmenes de producción para un menor costo unitario de pigmento. Existe una notable identificación de marca entre los clientes consumidores del Bióxido de Titanio a nivel nacional lo que haría más difícil la introducción de otra marca.

Para competir con los líderes se requieren grandes recursos financieros, tan solo Dupont S.A. de C.V. reportó ventas en 1992 por USD\$ 667 millones y activos totales por USD\$ 635 millones<sup>34</sup>.

#### **V. PRESION DE PRODUCTOS SUSTITUTOS**

No existe un producto sustituto del Bióxido de Titanio. En la tabla 10 se compara el índice de refracción de pigmentos

---

<sup>34</sup> Inauguró Dupont de México nuevo Centro de Servicio Técnico de Pigmentos Blancos. Inversión 1.3mdd. El FINANCIERO. México D.F.: 2 de Abril, 1993.

usados en pinturas siendo el mejor el del Bióxido de Titanio y junto con las demás propiedades que ofrece el mismo, no ha sido posible que otro pigmento sea presión para este producto. De la misma tabla, se observa un compuesto llamado litopón (barita y oxido de zinc) que anteriormente también se usó como pigmento blanco, su presencia en el sector era débil y en México fue desplazado definitivamente por el Bióxido de Titanio hace más de 20 años<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El Titanio fue descubierto en 1971 por William Gregor, aunque las ventajas que ofrece este elemento y sus compuestos empezaron a ser aprovechadas un siglo después.

2. El Bióxido de Titanio se encuentra en la naturaleza en tres formas cristalinas: rutilo, anatasa y brokita.

3. La brokita difiere principalmente del rutilo y la anatasa en estructura cristalina, propiedades térmicas y eléctricas.

4. En el Bióxido de Titanio existen dos grados: el pigmentario y el no pigmentario. El no pigmentario tiene usos en porcelana, electrónica y catálisis principalmente.

5. El mayor uso que se le ha encontrado al Bióxido de Titanio es en la elaboración de pigmentos; para esto se extrae el mineral ilmenita cuyo contenido de Bióxido de Titanio es muy alto, por ello constituye la materia prima principal.

6. A nivel industrial existen dos procesos de elaboración de pigmentos de Bióxido de Titanio: el sulfato y el cloruro; el primero obtiene cristales tipo anatasa y rutilo, mientras que el segundo produce sólo rutilo y con muchas dificultades el anatasa.

7. En México existe un fabricante de Bióxido de Titanio, perteneciente a la corporación Dupont, cuya planta está ubicada en Altamira, Tamps.; en ella se maneja al 100% el proceso cloruro y cuenta con capacidad para producir 78 mil toneladas al año. En 1993, este fabricante exportó más del 40% de su producción.

8. A nivel internacional, existen muchos fabricantes de Bióxido de Titanio cuyas empresas líderes son: Dupont (Estados Unidos), Tioxide (Reino Unido), Kronos (Alemania), S.C.M. (Estados Unidos), Kemira (Corea del Sur), Ishihara (Japón) y Kerr-McGee (Estados Unidos).

9. El proceso cloruro de fabricación de Bióxido de Titanio va en aumento por parte de los fabricantes líderes, mientras que el proceso sulfato de fabricación de Bióxido de Titanio va disminuyendo en cuanto a su uso.

10. La materia prima esencial para la elaboración de los pigmentos de Bióxido de Titanio es la ilmenita, cuyos yacimientos importantes por su composición y calidad se encuentran en Australia. Los depósitos de Estados Unidos también cumplen con los requerimientos para el proceso cloruro. Los yacimientos nacionales de este mineral no son usados como materia prima por no contar con la composición adecuada.

11. Los otros compuestos utilizados para la elaboración del pigmento en la planta nacional no representan problema, debido a que se tiene un superhábit en su producción.

12. La ventaja competitiva del pigmento de Bióxido de Titanio elaborado en Altamira, Tamps., se debe a los altos volúmenes de producción que permiten reducir costos.

13. El análisis de competitividad que se desarrolla en este trabajo se hizo según el modelo de Michael Porter, quien propone el análisis del sector industrial mediante cinco fuerzas competitivas:

- Poder negociador de los proveedores.
- Poder negociador de los compradores.

- Amenaza de ingreso.
- Rivalidad entre competidores.
- Presión de productos sustitutos.

14. En México hay un fabricante de Bióxido de Titanio, Dupont S.A. de C.V., que cubre cerca del 90% del mercado y su producto se fabrica en Altamira, Tamps. El restante 10% lo cubren las compañías Tioxide, Kronos, S.C.M., Kemira e Ishihara.

15. El Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, mediante las reglas de origen, beneficia a estos últimos competidores que son los que tienen la mayor parte del mercado internacional y también una pequeña parte del mercado en México, ya que algunos de ellos cuentan con plantas de elaboración del pigmento en Estados Unidos y Canadá.

16. La apertura comercial beneficia de igual manera a los compradores nacionales fabricantes de pinturas, papel y plásticos, principalmente, ya que para proveerse de Bióxido de Titanio cuentan con más opciones para elegir la marca más conveniente.

17. Puesto en marcha el T.L.C. los principales fabricantes mundiales del Bióxido de Titanio tendrán mejores oportunidades para competir en México, ya que su ventaja competitiva será un bajo precio; para los compradores del pigmento, significa tener más y mejores opciones de adquirir un producto de calidad.

18. El fabricante nacional está preparado para fabricar productos de calidad mediante el proceso cloruro, que representa un mejor control en la obtención del producto, pero una alta dificultad tecnológica.

19. La materia prima esencial para la elaboración de los pigmentos a base de bióxido de titanio es la ilmenita, cuyos yacimientos importantes se encuentran en Australia por su composición y calidad. Los depósitos de Estados Unidos también cumplen con los requerimientos para el proceso cloruro. Los yacimientos nacionales de este mineral no son usados como materia prima por no contar con la composición adecuada.

20. La industria de las pinturas es la que más consume el Bióxido de Titanio, le siguen las industrias de plásticos y de papel, principalmente; la situación económica en México de estas últimas no es buena, por lo que el T.L.C. beneficiará a la industria y al consumidor final.

21. No existen productos que puedan sustituir a los pigmentos de Bióxido de Titanio, cuya propiedad sobresaliente es su alto índice de refracción. Otros compuestos con un buen índice de refracción, pero no igual, no han superado en su totalidad las propiedades que ofrece el Bióxido de Titanio, tales como opacidad, refracción, difracción, así como en cuanto a precio, principalmente.

22. No se sabe de otra compañía que esté por ingresar al sector de fabricantes de Bióxido de Titanio; sin embargo, un probable competidor tendrá que ingresar a este mercado con una economía de escala para tener costos competitivos y posibilidades de competir a nivel mundial.

23. La apertura comercial beneficia a los fabricantes que son empresas líderes mundiales del pigmento, ya que sus productos podrán entrar al país libres de impuestos, aranceles y demás barreras para el ingreso; ello significa contar con una

mejor posición para competir, por lo que la corporación Dupont, en México, debe preocuparse a corto plazo por mantener a sus clientes y considerar que se pueda reducir su margen de ganancias.

24. Con base en lo expuesto se confirma el objetivo de este trabajo: aplicar el modelo de Michael Porter a la industria del Bióxido de Titanio, como aditivo y materia prima en diferentes sectores de la industria química, a fin de estudiar su competitividad.

## 8 BIBLIOGRAFIA

1. Bailar J. C. & Emeleus H.S., *Comprehensive Inorganic Chemistry*. Cap. 32 Titanium. U.S.A.: Pergamon Press Ltd., 1973.
2. KIRK OTHMER, *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium and Titanium Alloys. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.
3. DUPONT, Tipure pigmentos a base de bióxido de titanio para pinturas. (folleto informativo), [s.p.i.].
4. KIRK OTHMER. *Enciclopedia de la tecnología química*. Vol. 15, Cap. Bióxido de titanio. Traducción al español. México: UTHEA, 1965.
5. Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. Vol. XIII. México: Reader'Digest de México, S.A. de C.V., 1986.
6. KIRK OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Cap. Titanium Dioxide. U.S.A.: John Wiley & Sons Inc., 1985.
7. Clark R., *Gmelis handbuch. Der Anorganischen Chemie*. Titan N. 41. FRG: Verlag Chemie, 1959.
8. Mottana A., *Guía de minerales y rocas*. Barcelona Esp.: Grijalbo, 1980.
9. Goodenough J.B., Photo responses of pure and doped Rutile. *Am. Chem. Soc.* 186 (1980) 113-137.
10. Davidson S., A comparison of the photochemical reactivity of pollicristaline (anatase), amorphous and colloidal forms of titanium dioxide. *J. of Photochemistry*, 24 (1984) 27-35.
11. ULLMANN'S, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Cap. Fibers 4, Artist colors. F.R.G.: VCH, 1988.

12. Harold B.C., *Teatrise on Coatings. Pigments Part I, Titanium Dioxide Pigments. Vol. 3. U.S.A.: Maral Dekker, 1975.*
13. Información proporcionada por el Departamento de Pigmentos Blancos de Dupont S.A. de C.V.
14. O'Sullivan D., *Tioxide advances TiO<sub>2</sub> technology. C&EN, June 10 (1991) 33-34.*
15. Asociación Nacional de la Industria Química "Anuario 1994" ANIQ, 1994.
16. O'Sullivan D., *Strong TiO<sub>2</sub> demand draws Dupont to Europe. C&EN January 27 (1992) 22-23.*
17. Layman P. & Reisch M., *Tioxide, Kronos plan TiO<sub>2</sub> joint venture. C&EN February 8 (1993) 8.*
18. Henderson B., *The competitive Challenge. U.S.A.: Ballinger Publishing, 1987.*
19. Rocha R., *Estrategia Competitiva para Empresas. U.S.A.: Trillas, 1990.*
20. Rotschild E., *Como ganar y conservar la Ventaja Competitiva en los negocios. Colombia: Mc Graw Hill, 1987.*
21. Kotler P., *Principles of Maketing. U.S.A.: Prentice Hall, 1989.*
22. Baca U., *Evaluación de Proyectos. México: Mc. Graw Hill, 1990.*
23. Porter M., *Competitive Strategy techniques for analizing industries and competitors. U.S.A.: Mc Millan Publishing Co., 1980.*
24. Porter M., *How information gives you competitive advantage. H.B.S., 1986.*

25. Samuelson P. A. & Nordhaw W. D., *Economía*. Traducción al Español. México: Mc Graw Hill, 13a Edición, 1992.
26. Porter M., *Competition in Global Industries*. H.B.S., 1986.
27. Porter M., *The Competitive Advantage of Nations*. U.S.A.: The Free Press, 1990.
28. Damm A., *T.L.C. Oportunidades, retos y riesgos*. México: EDAMEX, 1994.
29. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Art. 28, 1993.
30. Información proporcionada por el Centro de Estudios Económicos de CANACINTRA.
31. CANACINTRA, *PECE, séptima etapa*, 1993.
32. Información proporcionada por Departamento de Información de NAFIN, Nov., 1993.
33. "Inauguró Dupont de México Nuevo Centro de Servicio Técnico de Pigmentos Blancos. Inversión 1.3 mdd". *EL FINANCIERO*, México D.F.: 2 de abril, 1993.
34. Anual Book of ASTM Standards. Sec. 6, Vol 06.01 Paints, Related Coating and Aromatics. U.S.A.: ASTM, 1993.
35. Alvarez C., "Interesan a Dupont plantas mexicanas". *El Norte*. México: 2 de abril, 1993.
36. CANACINTRA, *MACROANALISIS*, México D.F., Dic. 93.
37. Martínez O., "Requerirá la industria del plástico inversiones por USD\$ 3,900 millones". *EL ECONOMISTA*. México D.F.: 27 de enero, 1994.
38. Martínez O., "La industria Textil". *EL ECONOMISTA*. México D.F.: 24 de enero, 1994.