



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

---

---

**LA INDUSTRIA DE LA CATÁLISIS Y LA VIABILIDAD COMERCIAL PARA  
SU CRECIMIENTO EN MÉXICO**

TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA:

**KAREN ABIGAIL MONTES SEVILLA**



MÉXICO D.F.

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesora Aida Gutiérrez Alejandre  
**VOCAL:** Profesora: Tatiana Eugenievna Klimova Berestneva  
**SECRETARIO:** Profesor: José Luis González García  
**1er. SUPLENTE:** Profesor: Héctor López Hernández  
**2° SUPLENTE:** Profesor: Jorge Rafael Martínez Peniche

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Edificio D, Facultad de Química, UNAM.

**ASESOR DEL TEMA:**

**MEDE José Luis González García**

---

**SUSTENTANTE (S):**

**Karen Abigail Montes Sevilla**

---



---

## ÍNDICE

Introducción.....	1
Objetivo .....	2
Capítulo 1. La Industria de Catalizadores .....	3
1.1 Catálisis.....	4
1.1.1 Características de un catalizador .....	5
1.1.2 Tipos de catálisis.....	7
1.1.3 Materiales catalíticos.....	9
1.2 Investigación y desarrollo .....	10
1.3 Procesos catalíticos en la industria.....	12
1.3.1 Escalamiento de los procesos catalíticos .....	12
1.3.2 Síntesis química.....	14
1.3.3 Refinación del petróleo.....	15
1.3.4 Polimerización.....	16
1.4 Ejemplos de catalizadores en la industria .....	18
Capítulo 2. Panorama del Mercado: La Industria Química en México .....	20
2.1 La Industria química en el PIB .....	22
2.2 Producción y ventas de la industria química .....	26
2.3 Comercio exterior de la industria química .....	32
Capítulo 3. Viabilidad Comercial en la Industria de Catalizadores .....	39
3.1 Mercados industriales.....	40
3.2 Mercadotecnia en la industria de catalizadores .....	41
3.2.1 Demanda de catalizadores en México y el mundo .....	42
3.2.2 Oferta de la industria de catalizadores .....	50
3.2.3 Estrategias de marketing en la industria de catalizadores .....	53
3.3 Estrategias competitivas en la industria de catalizadores .....	56
3.3.1 Investigación y desarrollo de nuevos productos .....	57
3.3.2 Diferenciación del producto.....	58
3.3.3 Liderazgo de bajo costo .....	59
3.3.4 Adquisiciones y fusiones .....	60
3.3.5 Acuerdos de cooperación.....	61
Conclusiones.....	64



Recomendaciones.....	66
Bibliografía .....	67



---

## ÍNDICE CONSECUTIVO DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplos de procesos catalíticos en la industria.....	18
Tabla 2. Ejemplos de procesos catalíticos en la industria (continuación).....	19
Tabla 3. Valores de la producción, del comercio exterior y del consumo aparente de la industria química en México en el periodo 2007-2011 .....	34
Tabla 4. Tasa de crecimiento promedio anual de la demanda mundial de catalizadores por periodo (2001-2016).....	43
Tabla 5. Comparación de la demanda mundial de catalizadores con la demanda nacional 2011. ....	45
Tabla 6. Demanda nacional de catalizadores en términos de volumen (2001-2016)....	47
Tabla 7. Tasa de crecimiento promedio anual de la demanda nacional de catalizadores por periodo (2001-2016).....	48

---

## ÍNDICE CONSECUTIVO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Producto interno bruto de México (millones de dólares) a precios constantes de 2005. Datos históricos y proyección.....	23
Gráfico 2. Tasa de crecimiento anual porcentual del PIB nacional a precios constantes de 2005. ....	24
Gráfico 3. Porcentaje de participación de la industria química nacional en el PIB. ....	25
Gráfico 4. Producción en miles de toneladas y millones de dólares y porcentaje de utilización de la capacidad instalada de la industria química nacional. ....	26
Gráfico 5. Inversión en la industria química nacional. ....	28
Gráfico 6. Participación de los segmentos de la industria química en el 2011.....	29
Gráfico 7. Valor de la producción y de las materias primas y auxiliares. ....	31
Gráfico 8. Participación del mercado en la proveeduría de las materias primas y auxiliares. ....	32
Gráfico 9. Comportamiento de la producción, del comercio exterior y del consumo aparente de la industria química en México en el periodo 2007-2011. ....	34
Gráfico 10. Participación promedio por bloques económicos en el comercio exterior de la industria química nacional (2007-2011). ....	36



Gráfico 11. Demanda mundial de catalizadores por segmento de aplicación (2001-2016). .....	42
Gráfico 12. Distribución regional de la demanda mundial de catalizadores en 2016. ...	44
Gráfico 13. Demanda nacional de catalizadores por segmento de aplicación (2001-2016). .....	46
Gráfico 14. Comportamiento del comercio exterior de los catalizadores en la industria química nacional (2007-2011). .....	50

---

### ÍNDICE CONSECUTIVO DE FIGURAS

Figura 1. Representación del cambio en la energía libre de una reacción catalizada (línea punteada) y la misma no catalizada (línea continua). .....	6
Figura 2. Industria química: materiales y flujo de productos. ....	21



---

## INTRODUCCIÓN

El tema central de este trabajo es examinar la industria de catalizadores nacional en los segmentos de síntesis química, refinación del petróleo y polimerización, principalmente por disponibilidad de información, para plantear la posibilidad de contribuir con los elementos necesarios en el análisis de viabilidad comercial de ésta en el país. Las fuentes incluyen anuarios estadísticos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), libros y artículos de editoriales especializadas tanto en catálisis como en mercadotecnia, el estudio de mercado de catalizadores del grupo Freedonia, entre otras; con los apuntes y conocimientos adquiridos en el diplomado “Actualización en mercadotecnia gerencial”, impartido en la Facultad de Química de la UNAM, como directriz.

El trabajo cuenta con tres capítulos. El capítulo 1 tiene como objetivo describir, a grandes rasgos lo que es un catalizador y su importancia en la industria, a través de la explicación de algunos de los procesos en los que son utilizados y la investigación y desarrollo que implican.

El capítulo 2 ayuda a entrar en el tema central de la tesina, la viabilidad económica de la industria de catalizadores en México, por medio del análisis de indicadores macroeconómicos como el PIB y la participación de la industria química en éste, así como las tendencias de su mercado tanto mundial como nacional, por medio de las ventas registradas en sus sectores y el comercio exterior de ésta.

En el capítulo 3 se presenta el análisis del tema central de acuerdo con: el comportamiento de los mercados industriales; la demanda y la oferta mundial y nacional de catalizadores; y las estrategias de marketing y competitivas que llevan a cabo sus principales participantes. En este apartado, los datos históricos se proporcionan para los años 2001, 2006 y 2011, con un pronóstico para el año 2016, principalmente, por disponibilidad de información.

Para terminar la exposición de los tres capítulos del presente trabajo, se exponen las principales conclusiones y recomendaciones.



---

## OBJETIVO

Dar un panorama de la industria de catalizadores, en los segmentos de refinación de petróleo, polimerización y síntesis química, para contribuir al análisis de viabilidad comercial para su posible crecimiento en México.



## CAPÍTULO 1. LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES

El impacto de la catálisis y por tanto de los catalizadores, es sustancial; son considerados como la espina dorsal de la industria química y la clave para la producción de una gran variedad de insumos y artículos; de forma, que en las últimas décadas, ha sido una de las líneas de investigación que más se ha fomentado<sup>1</sup>.

En efecto, la catálisis tiene un enorme peso en distintos campos de la vida del hombre, como el impacto que ejerce tanto en el desarrollo económico, como en la preservación del medio ambiente y, en general, en el progreso social<sup>2,3</sup>. Los beneficios sociales que conllevan las transformaciones químicas están relacionadas a su aplicación tecnológica. En consecuencia, la industria de los catalizadores tiene como objetivo generar innovaciones concretas y direccionadas a mejores procesos que resulten en una mejor economía, mejor utilización de las materias primas y de la energía, así como considerar el impacto ambiental que impliquen<sup>4</sup>.

Las aplicaciones industriales de la catálisis han alcanzado, en las últimas décadas, un notable crecimiento y, como la industria ha seguido manteniendo un alto nivel en las investigaciones, las ideas innovadoras resaltan en sus diferentes campos que se reflejan en una mejor calidad de vida de la sociedad actual<sup>5</sup>. En la industria, entre un 85 y 90 por ciento de los procesos, hacen uso de los catalizadores para convertir las materias primas en productos de valor agregado<sup>6</sup>. Existe una industria muy particular para la fabricación de catalizadores, conformada por aproximadamente 200 empresas en todo el mundo, que tienen algún grado de capacidad en la producción de estos materiales<sup>7</sup>.

---

<sup>1</sup> Sanfilippo, D., "Catalytic Industrial Processes", *EOLSS*, 2003.

<sup>2</sup> Armor, J., "A history of industrial catalysis", *Catalysis Today* 163 (2011), p. 3

<sup>3</sup> Sanfilippo, D., "Catalysis: through cultural synergism to the target." *Catalysis Today* 34 (1997), p. 261.

<sup>4</sup> Idem, 2003a.

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> García, A., "Efecto de la carga metálica en catalizadores NiMo soportados en titania." (Tesis de licenciatura, UNAM, 2013), p. 24.

<sup>7</sup> Sanfilippo, D., 2003a.



## 1.1 CATÁLISIS

Para que una reacción química tenga lugar se debe de superar el valor de la energía de activación. Una vez vencida esa barrera, el sistema evoluciona de forma tal que llegará al estado final de reacción. La rapidez de reacción podría incrementarse de dos maneras: aumentando la concentración del complejo activado o eventualmente disminuyendo la energía de activación. Este último mecanismo es el que se pone de manifiesto cuando se emplea determinadas sustancias llamadas catalizadores. Estas sustancias aceleran las reacciones químicas, disminuyendo la energía libre de activación y se combinan con los reactivos, para producir un estado de transición de menor energía que el estado de transición de la reacción no catalizada. Así, la catálisis se relaciona con los fenómenos que ocurren cuando un catalizador actúa<sup>8</sup>.

La palabra catálisis fue empleada por primera vez por el químico sueco Jöns J. Berzelius en 1835, para correlacionar las observaciones sobre la promoción de algunas reacciones de otros químicos, a finales del siglo XVIII y principios del XIX<sup>9</sup>. La acumulación de estas experiencias y observaciones en este campo de las transformaciones, como la conversión de almidón en azúcar de Kirchhoff<sup>10</sup>, lo llevaron a la siguiente definición:

***“Se ha probado que algunas sustancias simples o compuestas, solubles o insolubles, tienen la propiedad de ejercer sobre otras sustancias un efecto muy diferente al de la afinidad química. A través de este efecto ellas producen descomposición en los elementos de esas sustancias y diferentes recombinaciones de esos elementos, de los cuales ellas permanecen separadas [...] Esta nueva fuerza desconocida hasta hoy es común en la naturaleza orgánica e inorgánica [...] Yo la llamaré fuerza catalítica y llamaré a la descomposición de sustancias por esta fuerza catálisis...”***<sup>11</sup>

---

<sup>8</sup> CONICET Bahía Blanca, “Catálisis Heterogénea. Reactores Químicos y Biológicos.”, 2007, visitado el 8 de mayo de 2013, <http://www.criba.edu.ar/cinetica/reactores/Capitulo%2010.pdf>.

<sup>9</sup> Behr, A. y P. Neubert, “Applied Homogeneous Catalysis.” (Alemania: Wiley-Vch, 2004), p. 22.

<sup>10</sup> Ibidem.

<sup>11</sup> J.J. Berzelius (1836) *Edimburg New Philosophical Journal* XXI, 223.



### 1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UN CATALIZADOR

Los fenómenos de catálisis y, por tanto, el poder atribuir a una especie o especies la propiedad de catalizador, dependen de una serie de características que se especifican a continuación:

- Interviene en el mecanismo de la reacción, pero no se consume. Ésto quiere decir que el catalizador participa en alguna de las etapas de la reacción, pero luego se regenera<sup>12</sup>. En la práctica este requisito no es estrictamente obligatorio, por ejemplo, hay una serie de productos químicos utilizados en polimerización (por ejemplo, iniciadores de reacción) que, aunque no sean estrictamente catalizadores, ya que se consumen en la reacción, aún son considerados como catalizadores desde una perspectiva de la industria, en su comercialización<sup>13</sup>.
- En las reacciones catalizadas, pequeñas cantidades de catalizador pueden producir un efecto considerable sobre una gran cantidad de reactivos: normalmente requiere un mínimo porcentaje en moles, con respecto a los reactivos, para observar un incremento en la velocidad<sup>14</sup>.
- Un catalizador no altera el rendimiento de la reacción. Si una reacción, sin catalizador, tiene un rendimiento de 70 %, al utilizar un catalizador el rendimiento se mantiene. Lo único que consigue es que la reacción sea más rápida<sup>15</sup>.
- El catalizador aumenta la velocidad de la reacción al disminuir su energía de activación, sin alterar de forma alguna los productos finales (Figura1)<sup>16</sup>.
- El catalizador cambia la velocidad de reacción promoviendo un mecanismo molecular diferente para la reacción, pero no modifica el equilibrio termodinámico.<sup>17</sup>

---

<sup>12</sup> Roig, M. y F. Burguillo, "Catálisis", 2010, visitado el 11 de junio de 2013, <http://web.usal.es/~jmcsil/biblioteca/fisicoquimica/capitulo24/parte1.pdf>.

<sup>13</sup> SENER, "Anuario Estadístico de Industria Petroquímica 2007", México, 2008, p. 108.

<sup>14</sup> Roig, M.

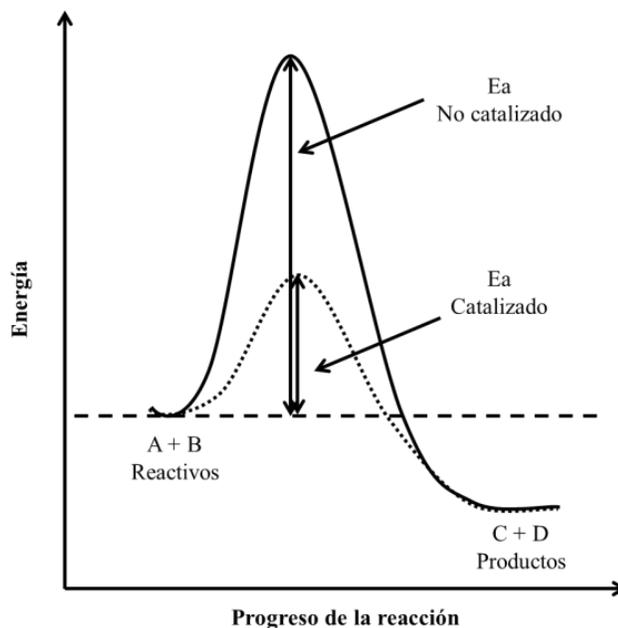
<sup>15</sup> CONICET Bahía Blanca. "Catálisis Heterogénea. Reactores Químicos y Biológicos." *CONICET Bahía Blanca Web site*. 2007, visitado el 8 de mayo de 2013, <http://www.criba.edu.ar/cinetica/reactores/Capitulo%2010.pdf>

<sup>16</sup> Rodríguez, A. y L. Ramos, "Catálisis heterogénea: preparación de catalizadores sólidos.", *Tecnología Química* vol. 31 (2011), p. 71-72.

<sup>17</sup> Ibidem.



- El dato característico del catalizador es su actividad catalítica, la cual puede ser descrita por los siguientes parámetros<sup>18</sup>:
  - TON (turnover number). Es el número de ciclos catalíticos que es capaz de dar el catalizador antes de verse desactivado.
  - TOF (turnover frequency). Es el número de ciclos catalíticos que es capaz de dar el catalizador por unidad de tiempo.



**FIGURA 1.** Representación del cambio en la energía libre de una reacción catalizada (línea punteada) y la misma no catalizada (línea continua).

**FUENTE:** Elaborada a partir de la información encontrada en “Catálisis heterogénea: preparación de catalizadores sólidos.” De Rodríguez, A. y L. Ramos.

Un ejemplo que ilustra el esquema anterior (Figura 1) es cuando se tiene hidrógeno y oxígeno gaseoso, los cuales son inertes a temperatura ambiente pero pueden reaccionar rápidamente ante la presencia de Pt (platino). Cuando los productos de la reacción se forman, se regenera el catalizador.

---

<sup>18</sup> Roig, M.



## 1.1.2 TIPOS DE CATÁLISIS

Existen diferentes tipos de catálisis, pero las más utilizadas son:

### 1.1.2.1. CATÁLISIS HOMOGÉNEA

En la catálisis homogénea el catalizador está presente en la misma fase que las especies que reaccionan: todos gases, todos en solución acuosa, etc. Las reacciones catalíticas homogéneas suelen ser selectivas y con rendimientos elevados en el producto deseado. Para su aplicación comercial, las reacciones en fase líquida presentan limitaciones de temperatura y presión y problemas en la separación del catalizador de los productos de reacción. Por esta razón, la catálisis homogénea ha encontrado un uso industrial reducido. En la producción a pequeña escala se emplea, sobre todo, en la fabricación de especialidades (aditivos alimentarios y fármacos), mientras que, entre las aplicaciones a gran escala destacan: la fabricación de ácido acético, la alquilación de olefinas y la hidroformilación. Un pequeño porcentaje de las reacciones catalíticas comerciales se basan en la catálisis homogénea.

A continuación se mencionan otros ejemplos de procesos que hacen uso de la catálisis homogénea:

- Polimerización de olefinas: polietileno.
- Producción de biodiesel.
- Adición de olefinas: polibutadieno.
- Oxidación de olefinas: óxido de propileno.
- Polimerización-condensación: fibra de poliéster<sup>19,20</sup>.

### 1.1.2.2. CATÁLISIS HETEROGÉNEA

En la catálisis heterogénea el catalizador y los reactivos están en fase distinta. La situación más frecuente es la catálisis por sólidos con los reactantes en fase líquida o gaseosa. La separación más simple y completa del catalizador del producto provoca que la catálisis heterogénea sea más atractiva económicamente<sup>21</sup>. En los últimos años la

---

<sup>19</sup> Rodríguez, A.

<sup>20</sup> Izquierdo, J. y F. Cunill, "Cinética de las reacciones químicas (Metodología 16)." (España: Edicions de la Univesitat de Barcelona, 2004), p. 144

<sup>21</sup> Rodríguez, A., p. 73.



catálisis heterogénea ha alcanzado una gran importancia dentro de los procesos industriales, debido a las múltiples ventajas que ofrecen los catalizadores heterogéneos frente a los homogéneos. Aproximadamente un 80% de los procesos catalíticos comerciales se basan en la catálisis heterogénea y en un 90% de éstos, se utilizan sólidos como catalizadores. Uno de los inconvenientes que presentan los catalizadores heterogéneos es la desactivación, ésta puede originarse por envenenamiento irreversible provocado por alguna sustancia<sup>22</sup>. A continuación se mencionan algunos procesos que hacen uso de la catálisis heterogénea:

- Preparación industrial del polietileno de alta densidad (HDPE) o polimerización de Ziegler-Natta.
- Convertidores catalíticos de automóviles <sup>23</sup>.

### **1.1.2.3. CATÁLISIS ENZIMÁTICA**

La catálisis enzimática ocurre en los seres vivos, sin embargo, también se utilizan en algunos procesos industriales; y sin ella las reacciones bioquímicas y biológicas no ocurrirían; en estos casos los catalizadores se llaman enzimas: macromoléculas formadas de aminoácidos. La naturaleza y el arreglo de los aminoácidos hacen esta macromolécula específica para un solo tipo de sustrato. A continuación se mencionan algunos procesos que hacen uso de la catálisis enzimática:

- Transformación de carbohidratos en energía.
- La formación de las cadenas de RNA<sup>24</sup>.

---

<sup>22</sup> Izquierdo, J., p. 146.

<sup>23</sup> CONICET Bahía Blanca. "Catálisis Heterogénea. Reactores Químicos y Biológicos." *CONICET Bahía Blanca Web site*. 2007, visitado el 8 de mayo de 2013, <http://www.criba.edu.ar/cinetica/reactores/Capitulo%2010.pdf>

<sup>24</sup> *Ibidem*.



### **1.1.3 MATERIALES CATALÍTICOS**

Un gran número de materiales diferentes pueden ser utilizados como catalizadores, algunos de los que se mencionan a continuación, pertenecen a reacciones catalíticas que dan lugar a una amplia gama de productos, incluyendo productos refinados del petróleo, polímeros y productos químicos.

#### **1.1.3.1 CATALIZADORES METÁLICOS**

Los catalizadores metálicos soportados constituyen uno de los grupos de catalizadores con mayor desarrollo industrial. Éstos se preparan depositando el metal (ya sea en una fase como sulfuro u óxido, o como metal puro) sobre otro óxido como soporte (por ejemplo,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ). Los metales soportados en estos catalizadores pueden incluir metales preciosos (por ejemplo, Pd, Pt, Rh, Ru, Ir, Au y Ag). Los catalizadores metálicos soportados muestran numerosas aplicaciones en reacciones de oxidación parcial; son muy populares en la química fina y la industria farmacéutica, aunque hay otras aplicaciones fuera de estas industrias<sup>25</sup>.

#### **1.1.3.2 CATALIZADORES ORGANOMETÁLICOS**

Los catalizadores organometálicos son compuestos en el que un átomo de metal está unido a un átomo de carbono. La gran mayoría de catalizadores organometálicos son utilizados en reacciones de polimerización, aunque parte de su demanda también se da en las industrias farmacéuticas y de química fina<sup>26</sup>.

#### **1.1.3.3 CATALIZADORES QUÍMICOS**

Los materiales que se utilizan en la fabricación de estos catalizadores incluyen una variedad de productos químicos con diferentes aplicaciones. El ácido sulfúrico es el producto químico con más demanda en este tipo de catalizadores, sin embargo, también podemos encontrar peróxidos y aminas, entre otros. Los usuarios de estos catalizadores son la industria de la polimerización y de la refinación del petróleo, principalmente<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> Jatib, S., "Catalizadores de óxidos de metales de transición (Mo, V, Cr) soportados en g-alúmina para deshidrogenación oxidativa de propano." (Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Madrid, 2007), p. 32.

<sup>26</sup> Tullio, Alexander H., "Single-site catalysts", C&EN Northeast News Bureau (7 de Agosto 2007), p. 35

<sup>27</sup> The Freedonia Group Inc., "Catalyst Materials", *World Catalyst to 2016 (Study #2989)*, 2013.



#### **1.1.3.4 ZEOLITAS**

Las zeolitas son sólidos cristalinos microporosos que contienen cavidades y canales de dimensiones comprendidas entre 3 y 10 Å; de modo que pueden acomodar moléculas de determinados tamaños y formas en función de las restricciones que imponen tanto su geometría como su tamaño de poro. Muchas zeolitas se encuentran de forma natural, pero son las variedades sintéticas las que encuentran más aplicaciones como catalizadores. Son muy utilizadas en el craqueo catalítico del petróleo (FCC)<sup>28</sup>.

#### **1.1.3.5 ENZIMAS**

Las enzimas y biocatalizadores constituyen una pequeña parte de los materiales catalíticos. Como ya se ha mencionado anteriormente, las enzimas son catalizadores de naturaleza protéica y están conformadas por aminoácidos. La gran mayoría de los catalizadores enzimáticos son utilizados en la industria de alimentos<sup>29</sup>.

### **1.2 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

La investigación y desarrollo constituyen una actividad fundamental y continua para los productores de catalizadores. Su importancia es necesaria debido a: la naturaleza técnica de los negocios de los catalizadores, el alto grado de competencia en la industria y las demandas cambiantes de los consumidores de catalizadores para una mayor actividad. Los productores de catalizadores tienden a invertir una cantidad importante de recursos en actividades de investigación y desarrollo. Todo investigador, en un entorno industrial, debe tener la posibilidad de dedicar un porcentaje de su tiempo a las innovaciones en los proyectos que aún no han sido estructurados a lo largo de las líneas estratégicas de las empresas<sup>30</sup>.

Las relaciones con instituciones académicas son, a menudo, de gran relevancia para los productores de catalizadores, esto se debe a que las universidades tienen más probabilidad de realizar importantes investigaciones en ciencia básica, lo que es necesario para el desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de la catálisis.

---

<sup>28</sup> Weitkamp, J., "Zeolites and catalysis", *Solid state ionics* 131 (2000), p.175.

<sup>29</sup> Rodríguez, R., "Propuesta de mejora comercial de la distribuidora de preparaciones enzimáticas para la industria de alimentos en México." (Tesis de licenciatura, UNAM, 2010), p.92.

<sup>30</sup> Sanfilippo, D., 1997<sup>a</sup>, p. 262.



La colaboración con universidades también ofrece, a las empresas de catalizadores, acceso a investigadores de gran talento, quienes deben prestar atención a las indicaciones estratégicas del mundo industrial y a sus instalaciones avanzadas. Las empresas como BASF, Dow Chemical, Eni y Haldor Topsøe, tienen importantes relaciones con instituciones académicas de todo el mundo<sup>31</sup>.

En México, hoy en día, existen diversos grupos de investigación y desarrollo en catálisis en varias universidades como: la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entre otras universidades estatales del país. Los programas de investigación de estas universidades cubren una variedad de temas en catálisis, pero la mayoría de los proyectos se centran en la química del petróleo y catálisis ambiental. Del mismo modo, también la investigación y desarrollo recae en instituciones como el IMP (Instituto Mexicano del Petróleo)<sup>32</sup>.

Por otro lado, para acelerar el proceso de descubrimiento de un nuevo catalizador, se requiere comparar su comportamiento catalítico con otros catalizadores ya utilizados en la industria, de forma que los datos obtenidos, impulsarán la toma de decisiones para elegir el mejor, de acuerdo a las necesidades industriales; para lograrlo, otros procesos están siendo utilizados en el campo de la investigación y desarrollo, como el de *screening* o de selección de alto rendimiento, que continúan ganando relevancia en el campo de nuevos catalizadores y de procesos catalíticos. Esta técnica es de gran importancia, ya que permite probar un gran número de reacciones químicas simultáneamente. Los servicios de *screening* de alto rendimiento son ofrecidos por diversas compañías, ya sea como parte del desarrollo de un catalizador personalizado o como un servicio independiente para un productor de catalizadores<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> The Freedonia Group Inc., "R&D", *World Catalyst to 2016 (Study #2989)*, 2013.

<sup>32</sup> Jacoby, M., "Catalyzing R&D in Mexico", *Chemical and Engineering News* 30 (2003), p. 52.

<sup>33</sup> Freeslate, "Screening Pressure Reactor (SPR)", Freeslate website, 2013, visitado el 6 de octubre de 2013, <http://www.freeslate.com/products-services/reactors/spr>.



### **1.3 PROCESOS CATALÍTICOS EN LA INDUSTRIA**

Los catalizadores se utilizan en cinco grandes segmentos del sector industrial: refinación del petróleo, síntesis química, polimerización, petroquímica y ambiental o control de emisiones<sup>34</sup>. Aquí sólo se abordarán los tres primeros debido a disponibilidad de información.

Los catalizadores que se utilizan en el área ambiental y en los sistemas de control de emisiones, que incluyen aquellos aprovechados por la industria automotriz, entre otras, son muy similares a algunos de los catalizadores de proceso de los otros tres segmentos, al igual que en la industria petroquímica.

A continuación se describirán, de manera general, algunos de los procesos implicados en estos tres segmentos, así como un breve resumen de lo que implica escalar un proceso catalítico al desarrollar un nuevo catalizador.

#### **1.3.1 ESCALAMIENTO DE LOS PROCESOS CATALÍTICOS**

Existe un gran impulso en la investigación y el desarrollo de nuevos procesos catalíticos, que han llevado a la industria a la innovación de éstos. Porque desde que surge una nueva idea hasta la puesta en marcha de su prototipo comercial e industrial, es necesario seguir una serie de pasos de creciente dificultad; así: el descubrimiento; la fase de exploración; la fase intensiva, el pre-desarrollo, el desarrollo; y la participación y la aplicación comercial, como los propone el autor del artículo "*Catalysis: though cultural synergism to the target*", Domenico Sanfilippo, hará que se concrete su propósito.

El descubrimiento parte de la observación y es ésta la que lleva a establecer que la idea inicial provenga de un proceso extraído (por ejemplo, la posibilidad de transformar A en B y no saber qué catalizador podría funcionar), con respecto a una investigación que de empuje a un catalizador (por ejemplo, la disponibilidad de un catalizador maravilloso y no saber para qué reacción funcione).

---

<sup>34</sup> Aboites, J., et al., "La Triada Innovadora I y D en el Instituto Mexicano del Petróleo" (México: Siglo XXI Editores, 2004), p. 33.



La fase de exploración es llevada a cabo a nivel laboratorio e incluye todas las acciones destinadas a la evaluación de la viabilidad técnica del nuevo proceso catalítico, que son: el control de las limitaciones termodinámicas; la preparación, caracterización y selección del catalizador; la exploración de las condiciones del proceso; y la evaluación del nivel de novedad. El paso clave en esta fase es siempre la identificación y la disponibilidad de un catalizador eficaz.

En la fase intensiva, de pre-desarrollo y de desarrollo se incluyen:

- La optimización de la formulación del catalizador, los rendimientos y las condiciones de operación.
- La mejor configuración del reactor.
- El diagrama del flujo de proceso.
- La energía y el consumo de materias primas.
- Los costos de inversión.
- La seguridad y las restricciones ambientales
- La capacidad de control.

Las actividades de estas tres fases también pertenecen a la ingeniería básica en el área de ingeniería de proyectos y se llevan a cabo en plantas piloto y en unidades de demostración de proceso.

El escalamiento del proceso debe cubrir varios aspectos de la actividad comercial futura, incluyendo el desarrollo de productos y los estudios de impacto de mercado.

Un aspecto importante en el desarrollo de los procesos catalíticos es el aumento de la escala en la producción de los catalizadores; desde la mínima cantidad de gramos preparados en el laboratorio, hasta las toneladas necesarias para las unidades comerciales. La producción de catalizadores es un proceso químico muy complejo que requiere al menos la misma atención que la prestada a la reacción<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> Sanfilippo, D., 1997, p. 261, 263-265.



### 1.3.2 SÍNTESIS QUÍMICA

Numerosos productos químicos se fabrican a través de procesos catalíticos. Estos productos incluyen de todo, desde productos químicos finos y de especialidad a los productos químicos del tipo *commodity*, tales como amoníaco y ácido sulfúrico, para productos petroquímicos y derivados petroquímicos. Se emplean una variedad de diferentes procesos, incluyendo: la síntesis orgánica, la oxidación, la hidrogenación, por mencionar algunos.

Se utilizan procesos de síntesis orgánica para crear productos químicos orgánicos que no existen de forma natural y que no pueden ser fácilmente sintetizados con compuestos disponibles, o que son difíciles de obtener por separación o purificación. Esto incluye no sólo reacciones de formación de enlace carbono-carbono, sino también eterificaciones, esterificaciones y otros comúnmente usados para elaborar diversos productos químicos orgánicos que son utilizados hoy en día. Los productos químicos hechos de esta manera, incluyen:

- Productos químicos agrícolas.
- Productos farmacéuticos, sabores, fragancias y pigmentos.

Y otros productos químicos finos y de especialidad. Los catalizadores utilizados en estos procesos de síntesis orgánica abarcan metales, zeolitas, ácidos y bases.

Los procesos de oxidación se utilizan para la fabricación de una amplia gama de productos químicos básicos, tanto orgánicos como inorgánicos, así como en la producción de química fina (aunque en una escala mucho más pequeña). Las reacciones de oxidación incluyen cualquier proceso que implica la pérdida de electrones en los reactivos (materiales de partida). Los catalizadores utilizados en los procesos de oxidación son predominantemente metales, compuestos organometálicos y zeolitas. Los productos *commodity* realizados de esta manera incluyen los ácidos sulfúrico y nítrico, anhídridos ftálico y maleico, butanodiol, óxido de etileno, y acrilonitrilo.



Los procesos de hidrogenación implican la adición de hidrógeno a otro compuesto, por lo general, resulta en la reducción del material de partida. La hidrogenación se utiliza para producir materias primas como productos oleoquímicos, sorbitol y ácidos grasos; y productos químicos finos y de especialidad tales como productos farmacéuticos. En este último caso, un tipo especial de hidrogenación conocido como hidrogenación asimétrica se emplea, a menudo, para dar propiedades quirales al producto. Si bien es más utilizado en la producción de productos químicos orgánicos de base y fina, la hidrogenación también se emplea técnicamente en la producción de amoníaco. Los catalizadores de hidrogenación que se utilizan incluyen metales preciosos, tales como: paladio y platino, y metales de base, tales como el níquel y el cobre<sup>36</sup>.

### 1.3.3 REFINACIÓN DEL PETRÓLEO

La refinación del petróleo consiste en una serie de operaciones que intervienen en la conversión del petróleo crudo en productos finales de alto valor. La destilación es el paso más básico y antiguo del proceso y, por lo general, es el primero en la refinación. La destilación no es un proceso catalítico, pero el tratamiento de los componentes obtenidos sí lo es.

Según el *Handbook of Petroleum Refining Processes*, Robert A. Meyers, los procesos catalíticos más importantes de la refinería, de acuerdo al consumo de catalizadores, son: desintegración catalítica en lecho fluidizado (FCC), hidrotratamiento, hidrodeseintegración, reformación de naftas, alquilación, isomerización, tratamiento de efluentes (recuperación de azufre, endulzamiento, etc.) y procesos de especialidad (eterificación, obtención de hidrógeno, destilación reactiva, etc.)<sup>37</sup>. A continuación se describen brevemente los tres procesos catalíticos más importantes de la refinación del petróleo.

El proceso más significativo de la refinación del petróleo es la desintegración catalítica en lecho fluidizado, mejor conocido como FCC (por sus siglas en inglés, *Fluid Catalytic Cracking*). Su importancia radica en que permite modificar la estructura molecular de la fracción pesada del petróleo en combustibles líquidos de alto valor agregado, como

---

<sup>36</sup> The Freedonia Group Inc., "Market Environment: Catalyst Technology", *World Catalyst to 2016 (Study #2989)*, 2013.

<sup>37</sup> Aboites, J., p. 23.



gasolina y querosina. Además de materia prima para la petroquímica como gas licuado y olefinas<sup>38</sup>.

El hidrotratamiento (HDT) es un proceso catalítico utilizado en las refinerías para saturar hidrocarburos insaturados y para remover elementos no deseados de las corrientes de petróleo por medio de una reacción de las mismas con gas hidrógeno a presión y temperatura elevadas. Se usa para remover cerca del 90% de los compuestos que generan contaminantes al momento de la combustión en los motores de combustión interna<sup>39</sup>.

A la fracción que se obtiene de la destilación del petróleo y que se encuentra dentro del rango de temperatura de ebullición de la gasolina, se le llama nafta. Esta fracción tiene un bajo número de octano para ser utilizada directamente en los motores automotrices, por lo que debe transformarse para incrementar su número de octano. Esto se hace a través del proceso de reformación catalítica de naftas, el cual transforma los compuestos de bajo número de octano (parafinas lineales y naftenos) a hidrocarburos de alto número de octano (aromáticos, isoparafinas). En el proceso se utilizan catalizadores metálicos, principalmente<sup>40</sup>.

#### **1.3.4 POLIMERIZACIÓN**

En la fabricación de resinas de plástico (polímeros), las reacciones catalíticas son utilizadas para iniciar otra reacción a partir de un monómero gaseoso o líquido (etileno o propileno, por ejemplo) haciendo que se convierta en un polímero sólido. Una gran variedad de catalizadores son utilizados en las reacciones de polimerización. Éstos están asociados a varios tipos de procesos, tales como: reacciones de adición y condensación, procesos Ziegler-Natta, iniciación por radicales libres y polimerización de un sólo sitio.

Los procesos de polimerización por adición (reacción en cadena) esencialmente implican la vinculación de monómeros para formar moléculas más grandes (macromoléculas), sin subproductos. Si bien éstos, a menudo, resultan en la formación de termoplásticos, tales como polímeros producidos en altos volúmenes como: polietileno, polipropileno y cloruro

---

<sup>38</sup> Idem, p. 157

<sup>39</sup> García, A., p. 17.

<sup>40</sup> Aboites, J., p. 161.



de polivinilo; también pueden ser utilizados para crear polímeros termoestables bajo las condiciones adecuadas. Por otra parte, los procesos de polimerización por condensación (reacción por etapas) producen subproductos como agua, cuando los monómeros se unen entre sí. Dependiendo de la naturaleza de los monómeros o de los materiales de partida, así como de las condiciones, se pueden crear tanto termoestables como termoplásticos. Los termoestables producidos en alto volumen de esta manera, incluyen compuestos fenólicos y poliuretanos, mientras que los termoplásticos incluyen poliésteres, nylons y policarbonatos<sup>41</sup>.

Los catalizadores Ziegler-Natta representan uno de los ejemplos más atractivos en la catálisis, tanto por su versatilidad y diseño; como por su muy difundida aplicación industrial en los procesos de polimerización. Los procesos de Ziegler-Natta son reacciones utilizadas para convertir cualquier olefina (monómeros de hidrocarburos) en polímeros. Entre los más utilizados están los catalizadores metálicos, usualmente titanio con un cocatalizador de aluminio, para producir: polietileno, polipropileno, elastómeros y otros termoplásticos<sup>42</sup>.

Los procesos de iniciación por radicales libres utilizan diversos químicos, los más comunes son peróxidos o aminas, para iniciar una reacción en cadena que combina varios monómeros en un polímero. Estas reacciones son utilizadas para producir una variedad de polímeros, incluyendo polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo y poliestireno.

Los procesos de polimerización de un sólo sitio utilizan catalizadores organometálicos para producir una variedad de polímeros termoplásticos. La polimerización de un sólo sitio compite, principalmente, con el ya convencional proceso Ziegler-Natta y generalmente ofrece ventajas en el diseño de polímeros de grado especializado<sup>43</sup>.

---

<sup>41</sup> Galvan, R., Laurence, L., Tirrel, M.; "Polymerization process modeling" (EE.UU.: Wiley-VCH, 1996), p. 34

<sup>42</sup> González, E., "La catálisis Ziegler-Natta y sus aplicaciones en la polimerización de olefinas", *Investigación y desarrollo* C.A., 2003, visitado el 23 de junio de 2013, [www.saber.ula.ve/eventos/eventos/.../1-%20EGonzalez%20curso.doc](http://www.saber.ula.ve/eventos/eventos/.../1-%20EGonzalez%20curso.doc).

<sup>43</sup> Tullo, Alexander H., "Single-site catalysts", C&EN Northeast News Bureau (7 de Agosto 2007), p. 35



## 1.4 EJEMPLOS DE CATALIZADORES EN LA INDUSTRIA

Algunos procesos catalíticos importantes que se utilizan en las diferentes ramas de la industria química se resumen en las tablas 1 y 2.

**TABLA 1.** Ejemplos de procesos catalíticos en la industria.

<i>Proceso</i>	<i>Reacción</i>	<i>Catalizador</i>
<b>FERTILIZANTES</b>		
Producción de hidrógeno	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}$	Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Síntesis de amoníaco	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$	Fe
Oxidación del amoníaco	$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Pt, Rh
<b>INDUSTRIA INORGÁNICA</b>		
Producción de ácido sulfúrico	$\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_3$	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>COMBUSTIBLES</b>		
Craqueo		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .nSiO <sub>2</sub>
Refinación		Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Hidrodeshulfuración		CoO-MoO <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>HULES SINTÉTICOS</b>		
Producción de butadieno	$\text{C}_4\text{H}_8 + \text{C}_4\text{H}_{10} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6$	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Producción de estireno	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_3 + \text{H}_2$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>PLÁSTICOS</b>		
Producción de Monómeros:		
Cloruro de vinilo	$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$	CuCl <sub>2</sub> , HgCl <sub>2</sub> , carbón
Polimerización:		
Polietileno	$\text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow -(\text{CH}_2\text{CH}_2)_n-$	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Poliestireno	$\text{CH}_2\text{CHCl} \rightarrow -(\text{CH}_2\text{CHCl})_n-$	Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> +TiCl <sub>3</sub>
<b>FIBRAS SINTÉTICAS</b>		
Producción de Monómeros:		
Acroleína	$\text{C}_3\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	Bi <sub>2</sub> (MoO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Anhídrido maleico	$\text{C}_4\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{CO}_2)\text{O}$	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /MoO <sub>3</sub>

**FUENTE:** Elaborada a partir de información obtenida en "Catalysis- where science and industry meet" por Jerzy Haber.



**TABLA 2.** Ejemplos de procesos catalíticos en la industria (continuación).

<i>Proceso</i>	<i>Reacción</i>	<i>Catalizador</i>
<b><i>PRODUCTOS QUÍMICOS ESPECIALIZADOS</i></b>		
Hidroformilación	$C_3H_6 + CO + H_2 \rightarrow C_4H_7OH$	Complejos de Rodio
Proceso Fischer-Tropsch	$CO + H_2 \rightarrow C_nH_{2n} + R-OH$	Fe, Co
<b><i>INDUSTRIA ALIMENTARIA</i></b>		
Hidrogenación de ácidos grasos		Ni/SiO <sub>2</sub>
<b><i>NUEVAS FUENTES DE ENERGÍA</i></b>		
Síntesis de biodiesel		NaOH
<b><i>PROTECCIÓN AMBIENTAL</i></b>		
Reducción de óxidos de nitrógeno		LaCoO <sub>3</sub>
Combustión de hidrocarburos en los gases de combustión.		CuCo <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Remoción de compuestos de azufre	$H_2S + SO_2 \rightarrow S + H_2O$	Zeolitas
<b><i>BIOTECNOLOGÍA</i></b>		
Lactosa → galactosa + glucosa		Galactosidasa
Celulosa → glucosa → C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH		Celulasa

**FUENTE:** Elaborada a partir de información obtenida en "Catalysis- where science and industry meet" por Jerzy Haber.



---

## CAPÍTULO 2. PANORAMA DEL MERCADO: LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO

El entorno del mercado de la industria de catalizadores está claramente ligado a la industria química; cerca del 85 % de los procesos que son utilizados en esta industria, a gran escala, sólo se pueden llevar a cabo con la ayuda de la catálisis<sup>44</sup>.

La industria química forma parte de las industrias de la transformación y no sólo representa, en su conjunto, uno de los principales rubros de la economía de una nación, por su aportación de inversiones relevantes y de largo plazo, sino que también se considera un índice de desarrollo tecnológico de una sociedad<sup>45,46</sup>. Está constituida por empresas con diferentes niveles en su desarrollo tecnológico y estructura de capital. En México existen más de 350 empresas que operan con arriba de 400 plantas productivas, aproximadamente, distribuidas en todo el país<sup>47</sup>.

A diferencia de otros sectores, la industria química posee una inmensa variedad de productos y de procesos característicos en su almacenamiento, transporte y procesamiento. En sus plantas productivas se inician las operaciones para la elaboración y producción industrial de sustancias químicas, obtenidas a partir de mezclar o llevar a reacción sólidos, líquidos y gases. Estas sustancias son utilizadas como materias primas para otras industrias o como productos de consumo final, abasteciendo a más de 40 sectores y demandando bienes y servicios de más de 30 ramas industriales; de forma que son consideradas piezas fundamentales para el desarrollo de diversas cadenas productivas (Figura 2)<sup>48,49</sup>.

---

<sup>44</sup> Hagen, J., "Industrial Catalysis: A Practical Approach" (Alemania: Wiley-VCH, 2006), p. 1-2.

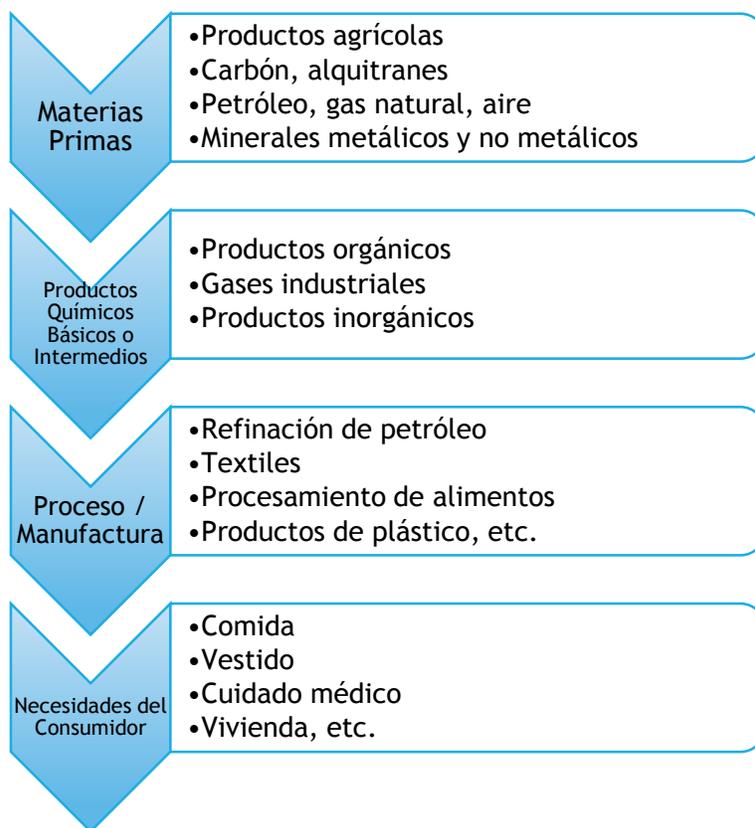
<sup>45</sup> Iquimicas.com, "Industrias Químicas", visitada el 15 de julio de 2013, <http://www.iquimicas.com/industrias-quimicas-definicion-y-clasificacion/>.

<sup>46</sup> Asociación Nacional de la Industria Química, A.C., "Anuario Estadístico 2012" (México: ANIQ, 2012), p. 12

<sup>47</sup> Chamizo, J. A., "Actividades químicas en la historia de México", *Revista Ciencia y Desarrollo*, 132, no. 199 (2006). <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/revista/199/Articulos/Actividadesquimicas/Actividades04.htm>.

<sup>48</sup> ANIQ, p. 2

<sup>49</sup> Anónimo, "La industria química en México", *Scribd*, visitada el 28 de Junio de 2013, <http://es.scribd.com/doc/5188560/capitulo-I-La-industria-quimica-en-Mexico>.



**FIGURA 2.** Industria química: materiales y flujo de productos.

FUENTE: Elaborada con información de “La Industria Química en México”, Scribd.

Existen varios criterios para la clasificación de la industria química, una de ellas está basada en las materias primas utilizadas y en las cantidades de sustancias producidas. Esta clasificación está subdividida en los siguientes tres grupos<sup>50</sup>:

- *Industria química de base.* Se ocupa de la transformación de las materias primas de origen natural, sobretodo minerales y petróleo, en sustancias fundamentales para las otras industrias y producen globalmente un reducido número de productos, aunque en grandes cantidades.
- *Industria química secundaria (de transformación).* Usan como materia prima productos químicos que son transformados para realizar productos más complejos, que aquellos de las industrias químicas de base. Generalmente los productos de este grupo de industrias son destinados directamente al mercado de

<sup>50</sup> Iquimicas.com



los consumidores finales, en algunos casos y, en otros, son transformados ulteriormente en las industrias de la química fina.

- *Química fina*. Es capaz de proporcionar productos sofisticados en función de su tipo de producción y sus investigaciones que se realizan previas a ésta. Los fabricantes de especialidades químicas producen una gama de sustancias que normalmente tiene un elevado valor añadido y se producen en pequeños volúmenes. Se venden a empresas, que son generalmente otras empresas químicas y que atienden a una inmensa variedad de mercados de usuarios finales, de acuerdo a las especificaciones de pureza para que ejerza los efectos requeridos en el proceso industrial<sup>51</sup>.

## **2.1 LA INDUSTRIA QUÍMICA EN EL PIB**

El estudio de los indicadores económicos, como el Producto Interno Bruto (PIB), ayuda a conocer la situación en la que se encuentra un país. Su análisis es útil para determinar qué sectores tienen mayor potencial de crecimiento<sup>52</sup>.

El PIB es el valor de mercado de los bienes y servicios finales, producidos en un país durante un periodo de tiempo determinado<sup>53</sup> y funciona como un parámetro representativo que ayuda a medir el crecimiento o disminución de la producción de bienes y servicios de las empresas, dentro del mismo<sup>54</sup>.

El PIB nominal mide el valor de mercado de la producción de bienes y servicios finales de un país a precios de mercado corrientes. El PIB real mide el valor de la producción a precios de un año base. Como el PIB real mantiene todos los precios constantes al nivel del año base, proporciona una idea de cuánto crece la economía en su conjunto como resultado de los aumentos en la cantidad de bienes y servicios producidos, y no de

---

<sup>51</sup> Comisión Europea: Instituto de Prospectiva Tecnológica, “Química Fina Orgánica”, visitado el 15 de julio de 2013. <http://www.prtr-es.es/data/images/resumen%20ejecutivo%20bre%20qu%C3%ADmica%20org%C3%A1nica%20fina-c77e5a3eb4e4312c.pdf>.

<sup>52</sup> Brun, X., et al., “Cómo interpretar la información económica” (Barcelona: PROFIT, 2008), p. 57

<sup>53</sup> Parkin, M., “Economía” (México: Pearson Educación, 2004), p. 434

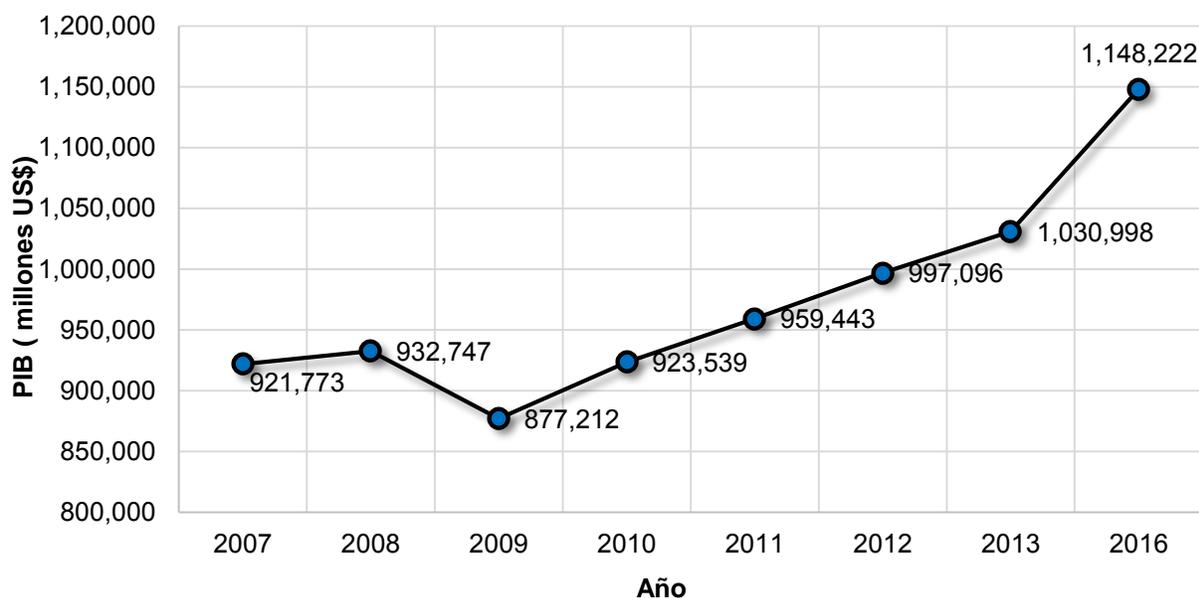
<sup>54</sup> Anónimo, “Producto Interno Bruto”, *Economia.com.mx*, visitada el 5 de Junio de 2013, [http://www.economia.com.mx/producto\\_interno\\_bruto.htm](http://www.economia.com.mx/producto_interno_bruto.htm).



aumentos en los precios. Su comportamiento en los últimos años será necesario para realizar proyecciones a futuro<sup>55</sup>.

Se considera que para que un país crezca y prospere es necesario que las empresas produzcan y que esta producción se venda con cierta facilidad. Así, si la empresa incrementa su facturación, obtendrá mayores beneficios que se distribuirán, tanto en los accionistas como en los proyectos de inversión. El aumento en la producción y consecuentemente en las inversiones, generarán el aumento del PIB en un país<sup>56</sup>.

Ahora se muestran dos gráficos (gráfico 1 y 2) donde se observa el comportamiento del PIB real de México y su tasa de crecimiento a precios constantes de 2005; se toman en cuenta los datos históricos y la estimación realizada por el Fondo Monetario Internacional (FMI) para realizar el cálculo de la proyección hacia el año 2016 por medio de una regresión lineal con los datos registrados del PIB a partir del 2009.

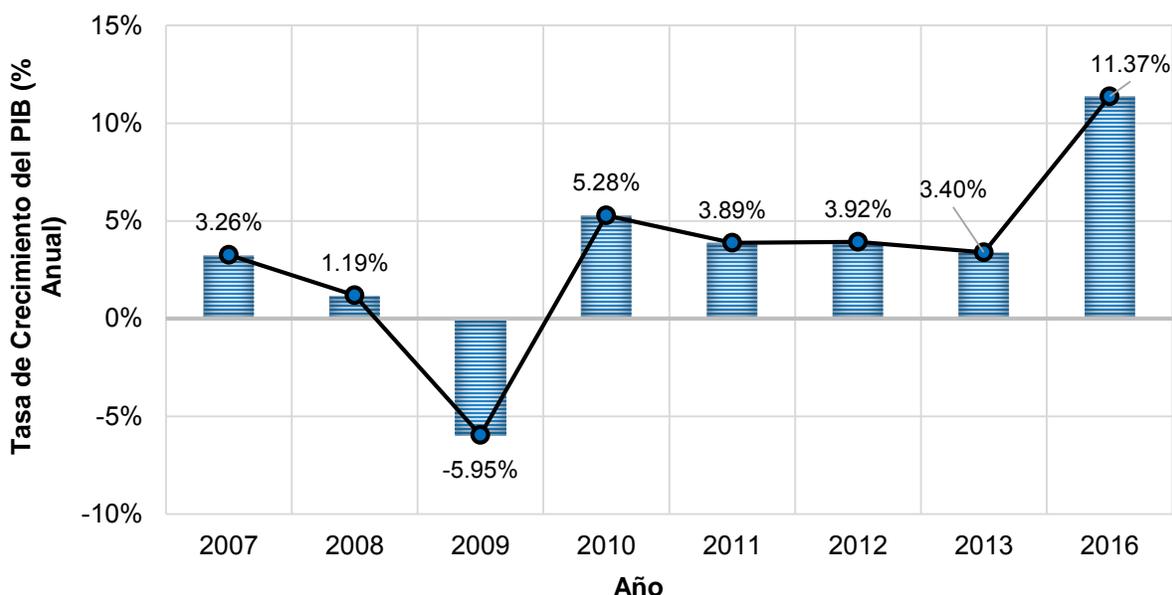


**GRÁFICO 1.** Producto interno bruto de México (millones de dólares) a precios constantes de 2005. Datos históricos y proyección.

FUENTE: Elaborado con datos del Banco Mundial.

<sup>55</sup> El Banco Mundial, "PIB (US\$ a precios constantes de 2005)", visitado el 12 de agosto de 2013, <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD/countries/1W?display=default>.

<sup>56</sup> Brun, X., 63



**GRÁFICO 2.** Tasa de crecimiento anual porcentual del PIB nacional a precios constantes de 2005.

FUENTE: Calculado a partir de los datos del gráfico 1.

Como se puede ver en estos gráficos, la economía mexicana había experimentado un crecimiento sólido del 2004 al 2007, impulsado en parte por la inversión fija de las empresas; y no fue hasta la segunda mitad del 2008, que la economía cayó en una recesión debido a la crisis financiera mundial donde las exportaciones sufrieron la debilidad económica de los EE.UU y la producción y los precios del petróleo crudo disminuyeron. La recesión se agudizó a principios del 2009, con una baja en el PIB real anual de 5.95 %. El gobierno y el Banco Central respondieron con políticas incentivadoras en el segundo semestre de 2009, en consecuencia, la economía mexicana comenzó un periodo de recuperación con la ayuda de un repunte en la demanda externa de los bienes y servicios<sup>57,58</sup>.

<sup>57</sup> Lenzner, R., “¿Otra recesión por los altos precios del petróleo?”, *Revista Forbes*, 3 de septiembre de 2013, visitado el 5 de septiembre de 2013, <http://www.forbes.com.mx/sites/otra-recesion-%E2%80%8Bpor-los-altos-precios-del-petroleo/>.

<sup>58</sup> El Banco Mundial, “América Latina: Cinco lecciones de la Gran Recesión”, 19 de diciembre de 2011, visitado el 5 de septiembre de 2013, <http://go.worldbank.org/MI00MS4B70>.

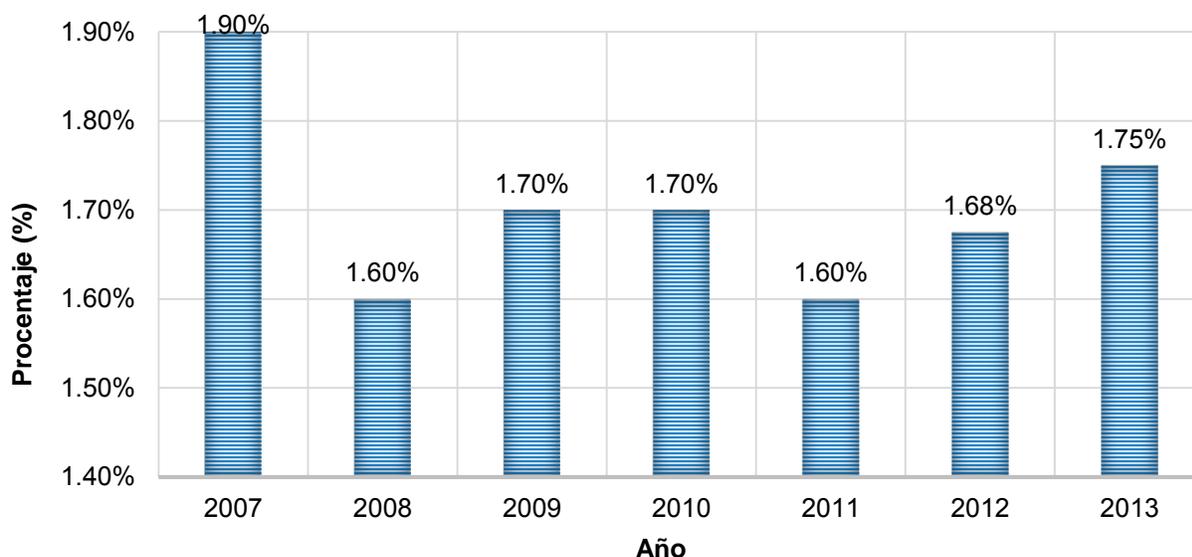


El PIB real aumentó fuertemente en 2010, sin embargo, no llegó a alcanzar el valor registrado en el 2008, ya que se encontraba en el periodo de recuperación; y no es hasta el 2011 que se rebasan estas cifras, pese a una desaceleración que se sufre ese año, como consecuencia de la crisis europea<sup>59</sup>.

Según lo reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el primer trimestre enero-marzo de 2013, el incremento del PIB fue de 0.45 % respecto al trimestre previo<sup>60</sup> y, posiblemente, el crecimiento en el PIB real anual sea de 3.4 % para este mismo año, según la expectativa del FMI<sup>61</sup>.

Finalmente, se obtuvo que durante el 2016, la economía de México disfrutará de un avance en el PIB real anual del 3.8 %, según lo calculado.

En el gráfico 3 se muestra el porcentaje de participación de la industria química en el PIB.



**GRÁFICO 3.** Porcentaje de participación de la industria química nacional en el PIB.

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario Estadístico 2012, ANIQ.

<sup>59</sup> Jiménez, R., "Crisis Europea sacudió al mundo financiero en 2011", *El Universal*, 19 de diciembre de 2011, visitado el 6 de septiembre de 2013, <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/91758.html>.

<sup>60</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Producto Interno Bruto durante el Primer Trimestre de 2013", *Boletín de Prensa Núm. 200/13* (Aguascalientes, 2013), p. 1-2.

<sup>61</sup> Forbes staff, "México reduce proyección de crecimiento.", *Revista Forbes México*, 17 de mayo de 2013, visitado el 6 de septiembre de 2013, <http://www.forbes.com.mx/sites/mexico-reduce-proyeccion-de-crecimiento/>.

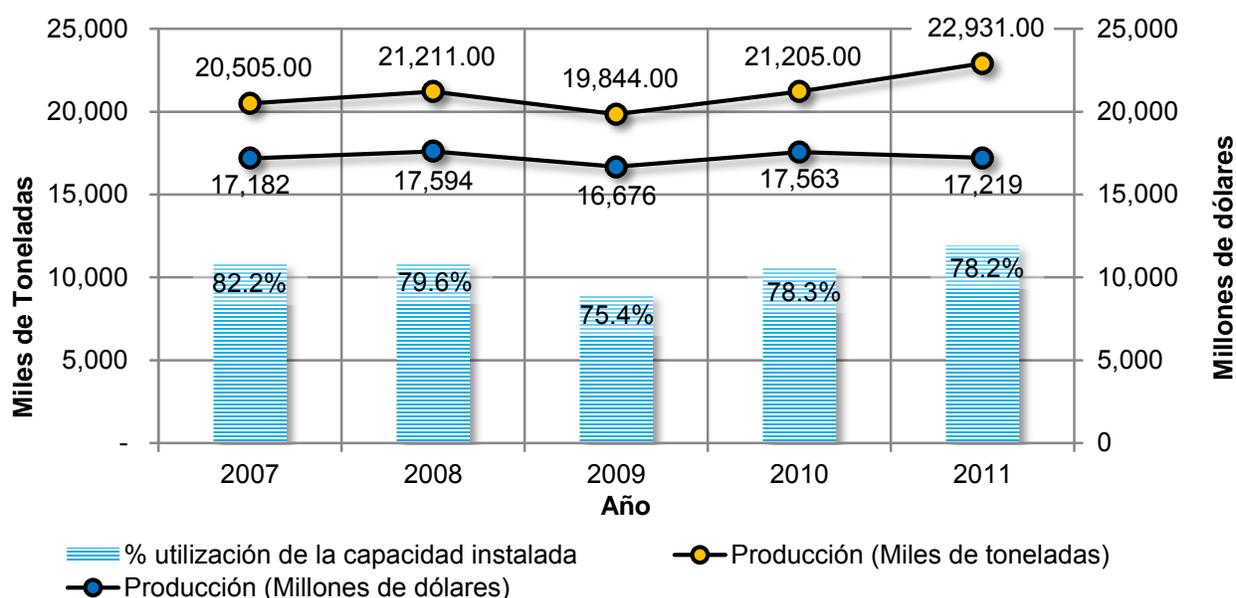


Como se observa, la participación que ha tenido la industria química en el PIB se ha mantenido casi constante en el periodo 2008-2011, con un porcentaje de participación promedio igual a 1.67 %. En el 2011, se reportó una contribución 0.1 % menor que la de los dos años anteriores con un valor de 18 mil 530 millones de dólares. Este decrecimiento es resultado de la falta de inversiones en la industria.

Asimismo, según lo reportado en el Anuario Estadístico 2012 del ANIQ (Asociación Nacional de la Industria Química), la participación en el 2011, se encuentra por debajo del promedio mundial equivalente a 4.6 %. Si bien se espera que la contribución de esta industria en el PIB aumente en los siguientes años, como se ha estimado para el 2013 con un 1.75 %, aún falta mucho tiempo para que ésta llegue al promedio mundial.

## **2.2 PRODUCCIÓN Y VENTAS DE LA INDUSTRIA QUÍMICA**

Otros indicadores que ofrecen una imagen más clara del panorama de la situación actual de la industria química en México son el volumen y el valor, tanto de la producción como de las ventas durante los últimos años. El comportamiento de estos indicadores nos permite hacer proyecciones para el futuro, como se ve en el siguiente gráfico (gráfico 4):



**GRÁFICO 4.** Producción en miles de toneladas y millones de dólares y porcentaje de utilización de la capacidad instalada de la industria química nacional.

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.



Como se observa, la recesión mundial del 2009 provocó diversos problemas en la industria. En las tres variables que se muestran en este gráfico: porcentaje de utilización de capacidad instalada, el valor y el volumen de la producción; se observa un mismo comportamiento en ellas, donde se nota una disminución en el 2009 y en los años posteriores existe un periodo de recuperación. Así, el porcentaje de utilización de la capacidad instalada en ese año sufrió una baja del 6.8 % al compararlo con el año 2007 y en los años posteriores, se entra en la fase de recuperación y se ve un aumento en el mismo, aunque no alcanza los valores registrados en los años inmediatos anteriores a la recesión.

Aunado al porcentaje de utilización de la capacidad instalada de la industria química en el país, el volumen de la producción nacional en el año 2011 fue de 22 millones 931 mil toneladas que, si se compara con el año anterior, se tiene un incremento de 1 millón 726 mil toneladas más.

El valor de la producción nacional en 2011 fue de 17 mil 219 millones de dólares, el cual se contrajo 343 millones de dólares, al compararlo con el año 2010. A pesar del aumento en el volumen del año 2011, 8.1 %, se esperaba que el valor de la producción aumentase proporcionalmente a éste; sin embargo, el valor de la producción en este sector sufrió una reducción de 2 %, debiéndose a diversos factores en el entorno económico, como los bajos precios en el mercado de productos químicos<sup>62</sup>.

A partir del 2012 se apostó a que hubiera un incremento sustancial en la producción de la industria química, con un crecimiento del 13.1 % para el 2016 y una tasa de crecimiento anual de 3.13 %<sup>63</sup>.

Al hablar de un crecimiento en la producción, es necesario ver los datos registrados de las inversiones de esta industria en el país, ya que el aumento de éstas se traduce en el aumento de ese crecimiento en los años posteriores y su impacto en el desarrollo del

---

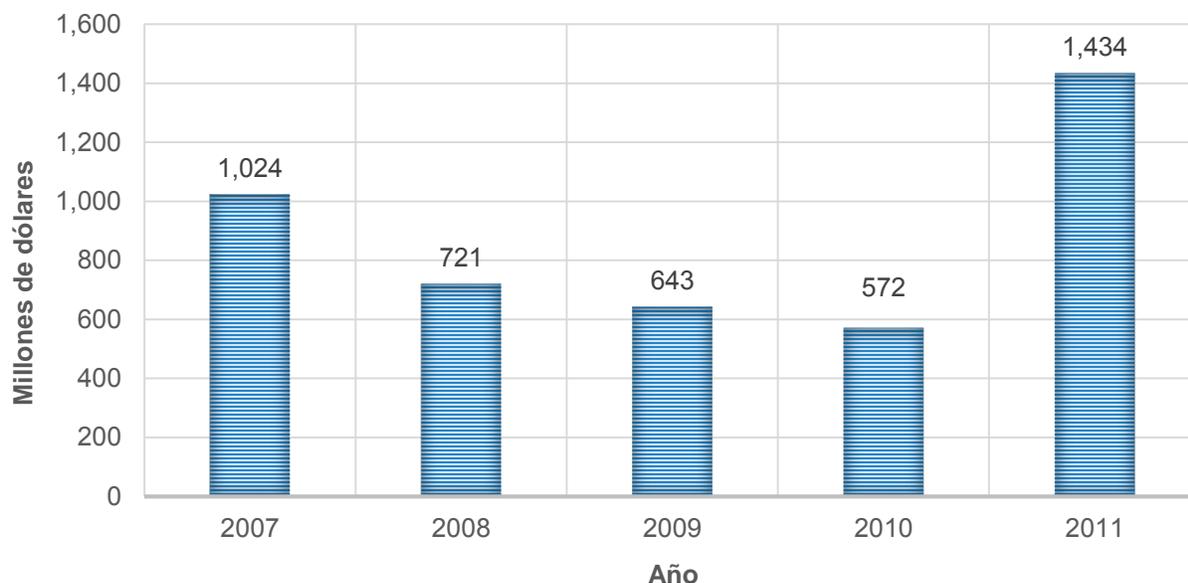
<sup>62</sup> García, K., "Industria química Mexicana pierde peso en PIB: ANIQ.", *El Economista*, 18 de septiembre de 2012, visitado el 8 de septiembre de 2013, <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/09/18/industria-quimica-mexicana-pierde-peso-pib-anic>.

<sup>63</sup> United Nations Environment Programme, "Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals" (EE.UU.: GPS Publishing, 2012), p 14.



sector. Este aumento o disminución en la producción afectan la demanda de intermediarios en los procesos industriales involucrados; en este caso, la demanda de los catalizadores.

La comparación anual sobre el comportamiento de la inversión de la industria química nacional se observa en el gráfico 5:



**GRÁFICO 5.** Inversión en la industria química nacional.

**FUENTE:** Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.

Se muestra que la inversión más alta, registrada en el periodo 2007-2011, ha sido la del último con 1 mil 434 millones de dólares por parte de la iniciativa privada, principalmente; lo que implica, casi tres veces, la inversión registrada respecto al año anterior.

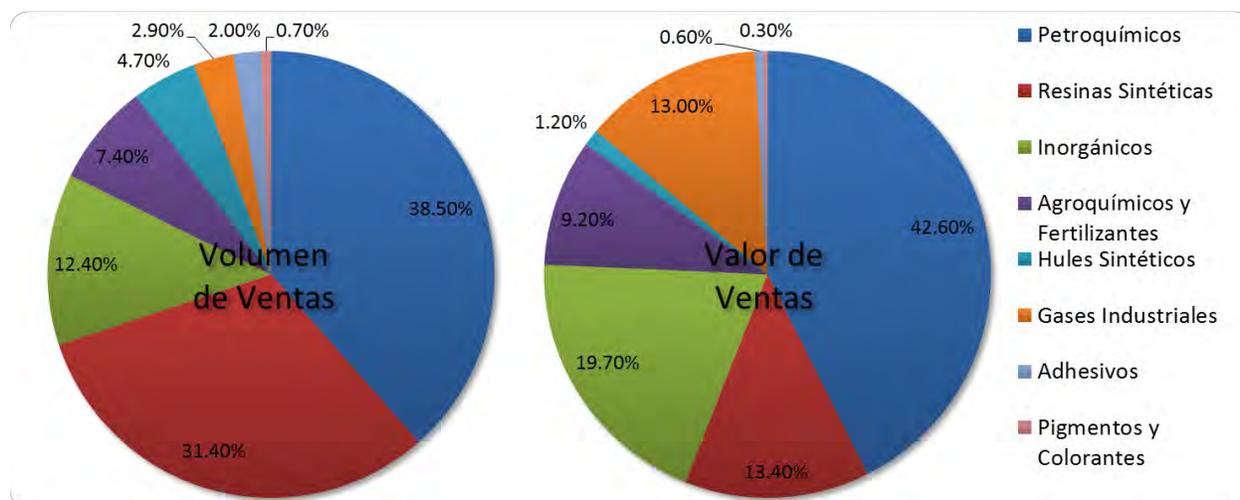
Se espera que la industria química en México en los sectores de: petróleo, petroquímica, síntesis química y polimerización, se expandan debido al incremento de la inversión en los siguientes años, aunado a los proyectos de Dupont, en Altamira, y de Mexichem, en Pajaritos, por mencionar algunos<sup>64</sup>.

---

<sup>64</sup> Garcia, K.



Es obvio que las mayores inversiones se ven reflejadas en los mercados más grandes del mundo; una imagen de estos mercados establecidos en el país de esta industria se observa en el siguiente gráfico (gráfico 6).



**GRÁFICO 6.** Participación de los segmentos de la industria química en el 2011.

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.

En el 2011, el sector con mayor volumen y valor de ventas fue el de petroquímicos. La industria petrolera en México está a cargo de PEMEX (Petróleos Mexicanos), la cual proporciona una parte significativa de los ingresos totales del gobierno. Se prevé que la producción de derivados del petróleo refinado incremente, para el 2016, con una rapidez del 0.5 % al año, a 66 millones de toneladas, ya que, a pesar de la disponibilidad de petróleo crudo nacional, México es un importador neto de productos refinados<sup>65,66</sup>.

El segundo sector con mayor participación en la industria química fue el de resinas sintéticas, seguido de los productos químicos inorgánicos. Las resinas sintéticas son parte estructural de los productos de consumo masivo, como algunos plásticos en forma de envases o en algunas otras presentaciones; así como para pinturas y adhesivos.

México tiene una pequeña industria de los polímeros y es un importador neto de resinas plásticas. Se espera que este sector del país amplíe la capacidad durante los próximos

<sup>65</sup> Secretaría de energía, "Prospectiva de Petróleo Crudo 2012-2016." (México: SENER, 2012), p. 5.

<sup>66</sup> BP p.l.c., "BP Statistical Review of World Energy 2013" (Reino Unido: BP, 2013), p. 7.



años y, finalmente, pueda competir en un mercado más grande, como el de los EE.UU. Del mismo modo, se prevé que con el suministro fiable de materias primas de bajo costo, se atraiga inversión extranjera adicional a las instalaciones de producción de polímeros en México<sup>67</sup>.

Los productos químicos inorgánicos son uno de los sectores más relevantes de la industria química en México; forman parte fundamental de una serie de procesos industriales y sirven además como materias primas en otras industrias. Entre los más relevantes se encuentran los: ácidos, álcalis, sales y agentes oxidantes. Se espera que en un futuro estos productos tengan un fuerte aumento en la industria, junto con los demás sectores, mostrados en la gráfica 6, y ello depende en mucho de la creación de nuevas plantas químicas<sup>68</sup>.

Las materias primas son aquellos insumos que intervienen directamente en los procesos de producción y que quedan incorporados en los productos terminados. Complementarias a éstas, existen las materias auxiliares, las cuales son parte esencial tanto de los procesos de fabricación como de algunos procesos complementarios. En el caso de la industria química, éstas pueden ser catalizadores además de espumantes, colorantes, aditivos, entre otros, según sea el caso<sup>69</sup>.

El valor de las materias primas y de las auxiliares forma parte del valor del producto, debida a esta relación, es importante realizar un análisis de su comportamiento y de la participación que tienen en el valor de la producción en los últimos años.

Es relevante mencionar que dependerá de la rama de la industria química, la importancia que tendrá el valor de éstas, respecto al valor de la producción, como es el caso de la química fina, ya que en este tipo de productos, su costo se utiliza principalmente para

---

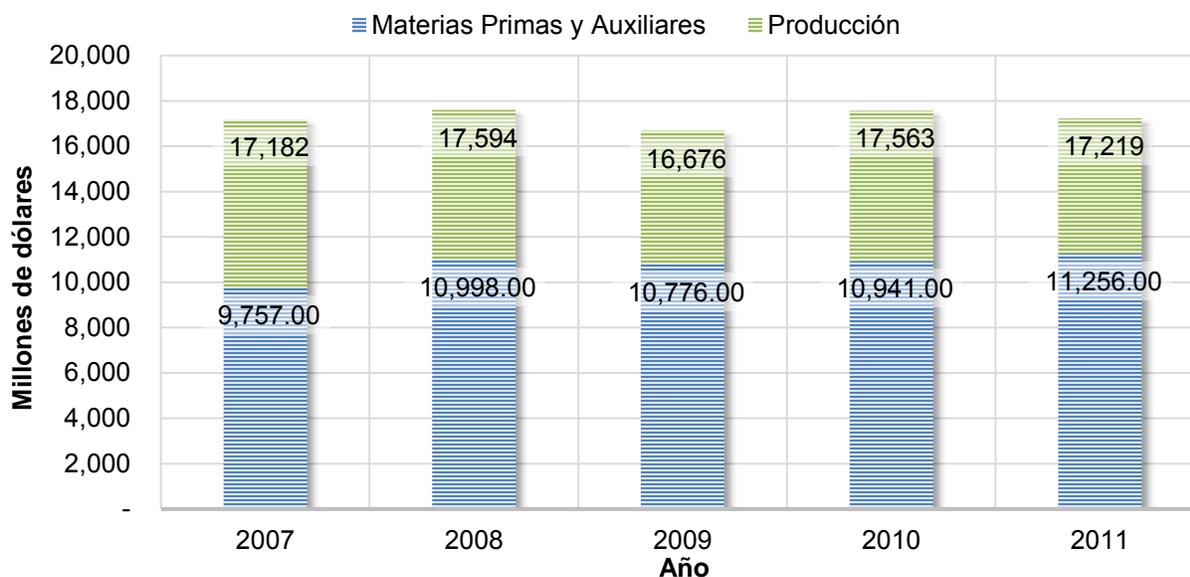
<sup>67</sup> ANIQ, p. 130.

<sup>68</sup> Idem, p. 86

<sup>69</sup> Ayala, P., "Cuenta 24 materias primas y la Cuenta 25 materiales auxiliares, suministros y repuestos en el nuevo plan contable general para empresas", *Actualidad empresarial*, 15 de marzo de 2009, visitado el 21 de septiembre de 2013, [http://www.aempresarial.com/web/revitem/5\\_9281\\_96501.pdf](http://www.aempresarial.com/web/revitem/5_9281_96501.pdf).



cubrir los propios gastos de investigación y de la tecnología empleada; además de la inversión en las materias primas y auxiliares utilizadas<sup>70</sup>.



**GRÁFICO 7.** Valor de la producción y de las materias primas y auxiliares.

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.

De acuerdo al gráfico anterior (gráfico 7), el valor de las materias primas y auxiliares durante el año 2011 mostró un incremento de 315 millones de dólares, es decir, del 2.9 % al compararlo con el año 2010. Se ha percibido que desde el 2008, el valor de las materias primas ha representado, en promedio, el 63.7 % del valor de la producción; en el 2011 correspondió al 65.4 %. Cabe mencionar que en este año, el 66.5 % de las materias primas y auxiliares utilizadas fueron importadas y el resto, nacionales, como se ve en el gráfico 8:

<sup>70</sup> Iquimicas.com



**GRÁFICO 8.** Participación del mercado en la proveeduría de las materias primas y auxiliares.

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.

Al realizar un pronóstico por medio de una regresión lineal con los datos registrados a partir del 2009, se obtuvo que para el 2013, se espera que haya un aumento del 4 % y para el 2016 tenga una tasa de crecimiento anual del 2 %, hasta llegar a 12 mil 431 millones de dólares en el valor de las materias primas y auxiliares.

### **2.3 COMERCIO EXTERIOR DE LA INDUSTRIA QUÍMICA**

Desde el establecimiento del TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte) en 1994, el comercio de México con EE.UU. y Canadá se ha triplicado. Del mismo modo, México ha firmado acuerdos de libre comercio adicionales con 43 países, 30 Acuerdos para la Promoción y Protección Recíproca de las Inversiones (APPRI) y 9 acuerdos de comercio (Acuerdos de Complementación Económica y Acuerdos de Alcance Parcial) en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI); que han reducido los aranceles sobre la gran mayoría de las exportaciones de México y con ello, lo han posicionado como una puerta de acceso a un mercado potencial<sup>71</sup>.

<sup>71</sup> Secretaría de Economía, “Tratados y acuerdos firmados por México”, 2013, visitado el 17 de septiembre de 2013, <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/comercio-exterior/tlc-acuerdos>.



Uno de los beneficiarios de este importante crecimiento en el comercio exterior, han sido las empresas maquiladoras en los estados del norte del país, que procesan mercancía importada y la convierten en una variedad de productos finales destinados a la exportación, principalmente a los EE.UU. La productividad en las maquiladoras ha aumentado considerablemente a medida que el sector ha cambiado su enfoque de mercancías<sup>72</sup>.

Las exportaciones son bienes y servicios producidos en un país y vendidos en el extranjero y las importaciones son bienes y servicios producidos en el extranjero y vendidos en el país. Así, la balanza comercial de éste, o también llamadas exportaciones netas, son la diferencia entre el valor de sus exportaciones y el de sus importaciones, e indica si éste es, en total, un vendedor o un comprador en los mercados mundiales de bienes y servicios<sup>73</sup>.

En la industria química, la balanza comercial ha sido negativa en los últimos años, las importaciones han sido mayores a las exportaciones; ésto se puede observar en el siguiente gráfico (gráfico 9) con los datos correspondientes reportados en la tabla adjunta (tabla 3):

---

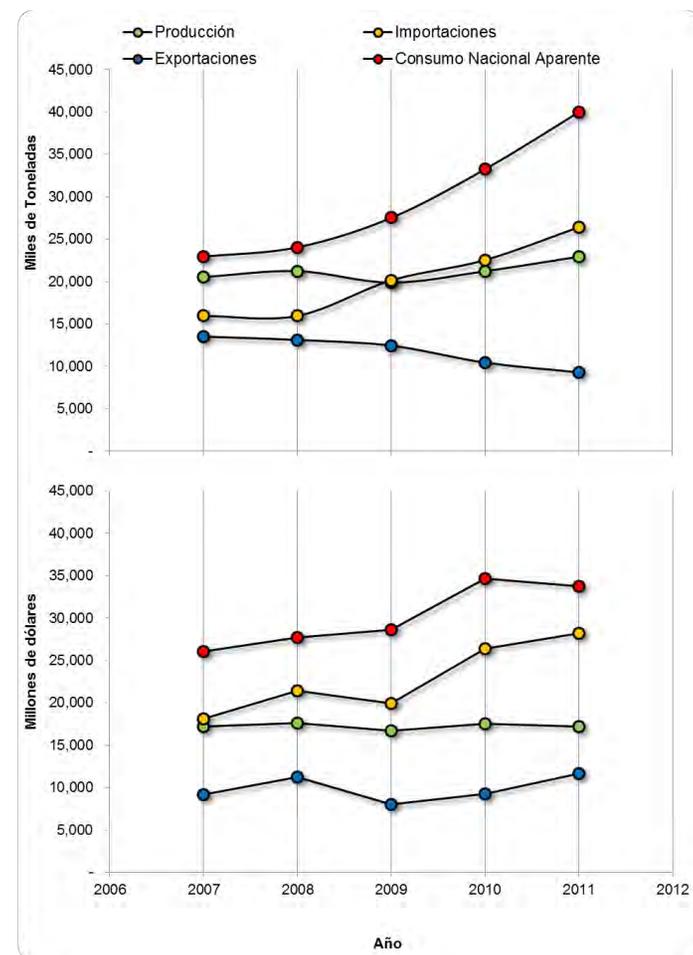
<sup>72</sup> Abascal, Manuel, "Efectos Fiscales y Aduaneros en el proceso de Maquila", Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, 2001, visitado el 18 de septiembre de 2013, <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/jurid/cont/29/cnt/cnt6.pdf>.

<sup>73</sup> Mankiw, G., "Principios de Economía" (Madrid: Mc Graw-Hill, 2007), p. 87



**TABLA 3.** Valores de la producción, del comercio exterior y del consumo aparente de la industria química en México en el periodo 2007-2011

<b>Año</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<i>Miles de toneladas</i>					
<i>Producción</i>	20,505	21,211	19,844	21,205	22,931
<i>Importaciones</i>	15,968	15,968	20,140	22,528	26,380
<i>Exportaciones</i>	13,518	13,125	12,454	10,458	9,301
<i>Consumo Nacional Aparente</i>	22,955	24,054	27,530	33,275	40,010
<i>Balanza Comercial</i>	-2,450	-2,843	7,686	12,070	17,079
<i>Millones de dólares</i>					
<i>Producción</i>	17,182	17,594	16,676	17,563	17,219
<i>Importaciones</i>	18,107	21,395	19,944	26,380	28,175
<i>Exportaciones</i>	9,218	11,278	8,000	9,301	11,671
<i>Consumo Nacional Aparente</i>	26,071	27,711	28,620	34,642	33,723
<i>Balanza Comercial</i>	-8,890	-10,117	-11,944	-17,079	16,504



**GRÁFICO 9.** Comportamiento de la producción, del comercio exterior y del consumo aparente de la industria química en México en el periodo 2007-2011.

FUENTE: Elaborados con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.



Como se puede ver, tanto el volumen como el valor de la producción, de las exportaciones y de las importaciones disminuyeron en el 2009 como consecuencia de la recesión que se sufrió en ese año. Anterior a éste, el volumen de la producción nacional había sido mayor al de las importaciones; sin embargo, debido a los precios, el valor de éstas mostraron ser mayores a lo que se produjo en el 2008 con una mayor notoriedad, ya que hubo una diferencia del 62 % entre los precios de lo producido en México con lo producido en el extranjero.

Desde el 2010, el volumen de la producción se ha ido recuperando, pero debido al incremento en el consumo de productos químicos, se ha establecido que para satisfacer la demanda, haya un incremento en las importaciones de estos bienes; en el 2011 hubo un incremento del 17 % en el volumen de productos importados en México con un déficit comercial de 12 millones de toneladas. El volumen de las exportaciones ha disminuido con mayor rapidez después del 2009, es decir, hubo una disminución en la balanza comercial; sin embargo, el valor de éstas ha aumentado. Del 2009 al 2010, se mostró el mayor aumento en el déficit con un incremento del 43 %, alcanzando 17 mil 079 millones de dólares.

Por el cambio en las pendientes que hay entre cada punto en el comportamiento de las importaciones (gráfico 9), se observa una desaceleración del valor de éstas del año 2010 al 2011. Como consecuencia de esto y, al descenso en el valor de la producción, el valor del consumo aparente nacional disminuyó. Esta desaceleración en el valor de las importaciones, se puede deber al aumento en la inversión que se está sucitando en el país para la creación de nuevas plantas químicas, por parte de la iniciativa privada, principalmente.

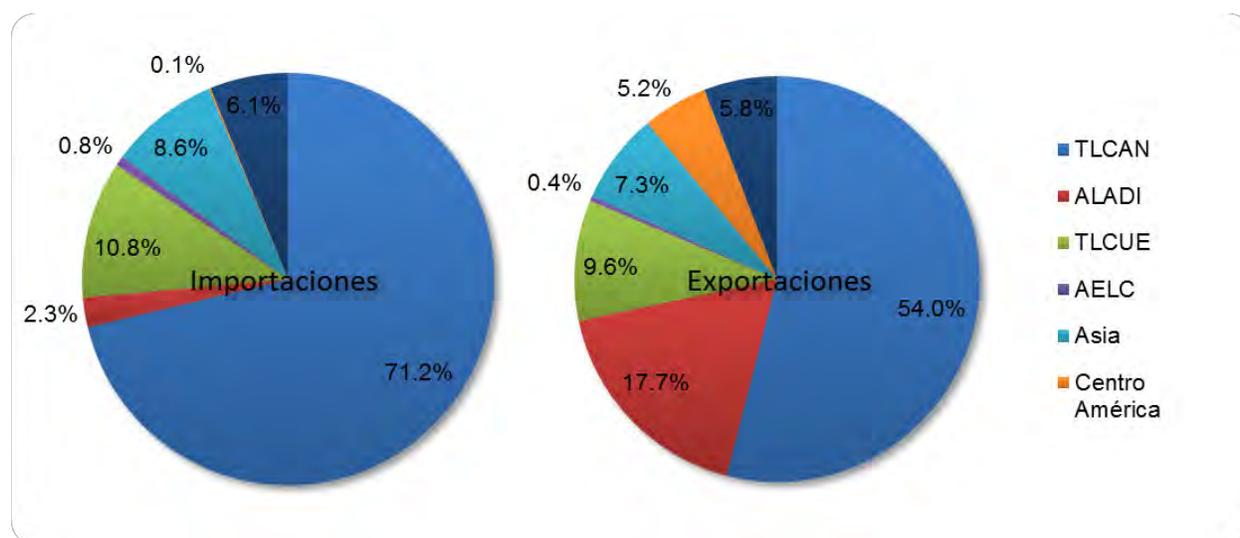
Las importaciones de productos químicos realizados en México en el 2011 alcanzaron los 28 mil 175 millones de dólares, con un incremento de 6.8 % respecto del 2010, mientras que las exportaciones crecieron un 25.5 % sumando 11 mil 671 millones de dólares. Por tanto, el déficit comercial de la balanza del sector químico se ubicó en los 16 mil 504 millones de dólares, lo que significa una recuperación de 575 millones de dólares equivalente al 3.4 % al compararlo con el año anterior. Algunos factores que podrían influir en la balanza comercial son:



- Los gustos de los consumidores por los bienes producidos en su país y por los bienes extranjeros, además de sus precios.
- Los tipos de cambio.
- El costo del transporte internacional de bienes.
- La política del gobierno con respecto al comercio internacional.<sup>74</sup>

En un futuro, se espera que este déficit comercial que sufre la industria química nacional disminuya, a partir de motivar inversiones fuertes y una mejor infraestructura.

El siguiente gráfico (gráfico 10) ofrece un panorama de la participación promedio que han tenido diversos bloques económicos durante el periodo 2007-2011 en el comercio exterior de la industria química nacional.



**GRÁFICO 10.** Participación promedio por bloques económicos en el comercio exterior de la industria química nacional (2007-2011).

FUENTE: Elaborado con datos del Anuario estadístico 2012, ANIQ.

A continuación, se mencionan el significado de las siglas utilizadas en el gráfico 10 y los países miembros que se reportan de cada bloque, en el comercio exterior de la industria química en México.<sup>75</sup>

<sup>74</sup> Mankiw, G.

<sup>75</sup> ANIQ, p. 41.



- TLCAN Tratado de Libre Comercio con América del Norte (1994)
- Estados Unidos
  - Canadá
- ALADI Asociación Latinoamericana de Integración (1980)
- Argentina
  - Colombia
  - Perú
  - Bolivia
  - Ecuador
  - Uruguay
  - Brasil
  - Paraguay
  - Venezuela
  - Chile
- TLCUE Tratado de Libre Comercio con la Unión Europea (2000)
- Alemania
  - Finlandia
  - Luxemburgo
  - Austria
  - Francia
  - Malta
  - Chipre
  - Grecia
  - Países Bajos
  - Dinamarca
  - Hungría
  - Polonia
  - Eslovenia
  - Irlanda
  - Portugal
  - España
  - Italia
  - Reino Unido
  - Estonia
  - Lituania
  - Suecia
- AELC Tratado de Libre Comercio con la Asociación Europea de Libre Comercio (2001)
- Islandia
  - Noruega
  - Liechtenstein
  - Suiza
- Centroamérica
- Belice
  - Guatemala
  - Nicaragua
  - Costa Rica
  - Honduras
  - Panamá
  - El Salvador
- Asia
- China
  - India
  - Pakistán
  - Corea del Norte
  - Indonesia
  - Singapur
  - Corea del Sur
  - Israel
  - Sri Lanka
  - Filipinas
  - Japón
  - Tailandia
  - Hong Kong
  - Malasia
  - Taiwan



El TLCAN es el bloque con mayor participación con el 72 % de las importaciones y el 50.6 % de las exportaciones de productos químicos, siendo el principal socio comercial de México. De la Unión Europea, Alemania es el mayor exportador de productos químicos a México, con el 3.6 % del total de importaciones en este sector; mientras que Bélgica fue el país con mayor importaciones de México en este bloque.

De la ALADI: Brasil, Colombia y Chile fueron los países que exportaron más productos químicos a México; y Colombia y Brasil son los principales destinos para los productos de esta industria de esa región. En cuanto a Asia, China es el mayor socio comercial de México, con el 4.61 % de las importaciones y con el 3.21 % de las exportaciones del total del comercio exterior en el país.

Cabe mencionar que los únicos bloques económicos en los cuales la balanza comercial no es negativa son con Centroamérica y ALADI, sumando 583 millones de dólares y 1 mil 957 millones de dólares respectivamente en las exportaciones netas.



---

### CAPÍTULO 3. VIABILIDAD COMERCIAL EN LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES

En este capítulo se analizará la viabilidad comercial de la industria de catalizadores, la cual consiste en evaluar las posibilidades de venta de éstos, de acuerdo con los clientes y la estructura comercial actual, para ello, se estudiarán las tendencias de la oferta y la demanda de la industria de catalizadores en el ámbito mundial y regional, así como las estrategias comerciales que se llevan a cabo y los planes de marketing implícitos. Además, se describirán las características de los mercados industriales para un mejor panorama del comportamiento del mercado de catalizadores.

El capítulo sirve de marco general para posicionar a México en el contexto de los mercados nacionales e internacionales de catalizadores.

El mercado global de catalizadores es extremadamente heterógeno por la diversidad de industrias que abastece y las diferencias tecnológicas que se dan en sus procesos. La industria de catalizadores es soportada por más de 200 compañías que van desde pequeñas empresas, que están iniciando operaciones, hasta las más grandes compañías petroleras con ventas anuales que superan los 300 mil millones de dólares<sup>76</sup>.

El mercado de catalizadores se clasifica por segmentos, dependiendo de su aplicación en: refinación del petróleo, polimerización, síntesis química, petroquímica y medio ambiente; sin embargo, sólo se analizarán los primeros tres segmentos, como se ha mencionado con anterioridad.

---

<sup>76</sup> The Freedonia Group Inc., "Market Environment: World Demand", *World Catalyst to 2016 (Study #2989)*, 2013.



### **3.1 MERCADOS INDUSTRIALES**

Los mercados industriales son enormes y, en ellos, se compran bienes y servicios para procesarlos ulteriormente o usarlos en su proceso de producción; éstos también son llamados productos industriales<sup>77</sup>. Los catalizadores cumplen con las características de éstos, ya que forman parte de las materias auxiliares utilizadas en los reactores catalíticos en el proceso de síntesis de una sustancia en la industria química.

Una de las características de los mercados industriales es que se mueven muchos más artículos y dinero, que en los de consumo, y su estructura mercantil y la demanda es diferente. En estos mercados, se tienen pocos compradores pero con mucho capital, de tal forma que sólo unos cuantos adquieren la mayor parte de la producción. Otra característica es que su demanda es derivada, es decir, que proviene de la demanda de los bienes de consumo en los que son utilizados<sup>78</sup>. Esto último es observado en la industria de catalizadores, que se deriva de la industria química; si en ésta aumenta la demanda, por tanto, aumentará su producción y se necesitarán de más catalizadores en su proceso, lo que elevará su consumo en esta industria (como se observa en el capítulo 2 y el punto 3.2 del presente capítulo). Asimismo, en la industria química, su demanda también puede ser derivada; debido a que cuenta con productos intermediarios y finales, dependiendo del sector y de la sustancia.

Del mismo modo, en estos mercados, los compradores y proveedores están más concentrados, tanto geográficamente como por segmento<sup>79</sup>, como se verá más adelante en el punto 3.2.2, donde se habla sobre la oferta.

Los mercados industriales también se distinguen por los procesos de compra realizados en éstos, ya que los compradores se enfrentan a decisiones más complejas y, dependiendo de la importancia del producto, el valor y la situación de adquisición de éste, pueden intervenir más participantes para la toma de decisiones, donde además, resulta

---

<sup>77</sup> Kotler, P y A. Gary, “Fundamentos de Marketing” (México: Pearson Educación, 2008), p. 149.

<sup>78</sup> Ibidem.

<sup>79</sup> Idem, p. 150.



común formar parte de comités constituidos por técnicos expertos y miembros de alta dirección.

Hay tres tipos principales de compra, que van desde recompra directa, que es aquella en la que el comprador realiza un resurtido de cierto pedido sin hacerle modificación alguna y se lleva a cabo una toma de decisión de rutina; seguida de la recompra modificada, donde el comprador desea modificar el producto, los precios, los términos o los proveedores y demanda poca investigación; hasta la situación de tarea nueva, donde el comprador adquiere un producto o servicio por primera vez y se requiere de una investigación exhaustiva. Además, es común que el comprador y el vendedor dependan mucho más uno del otro, pues este último, colabora de cerca con sus clientes durante todas las etapas del proceso de compra<sup>80</sup>.

El comportamiento de estos mercados es de gran importancia, ya que proporciona un panorama en el de los catalizadores, de forma que se puedan plantear, con una mayor conciencia, las estrategias tanto de marketing como competitivas que hagan viable el futuro de esta industria.

### **3.2 MERCADOTECNIA EN LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES**

En la actualidad, la finalidad de la mercadotecnia es construir relaciones redituables con los clientes, de forma que se pueda vender más (mayor volumen), mejor (mayor utilidades) y así, aumentar la cartera de clientes (tener mayor penetración del producto). En ella se contempla el proceso comercial de venta, distribución, publicidad, promoción, entre otras fases. Al igual que se toma en cuenta el entorno del mercado a partir de comparaciones entre la oferta y la demanda<sup>81</sup>.

La mercadotecnia es utilizada en cualquier línea de negocio, tal como la industria de catalizadores, que, como ya se definió, pertenece a los mercados industriales. A continuación se estudiarán las tendencias de la oferta y la demanda, así como las estrategias de marketing en esta industria.

---

<sup>80</sup> Idem, p. 151.

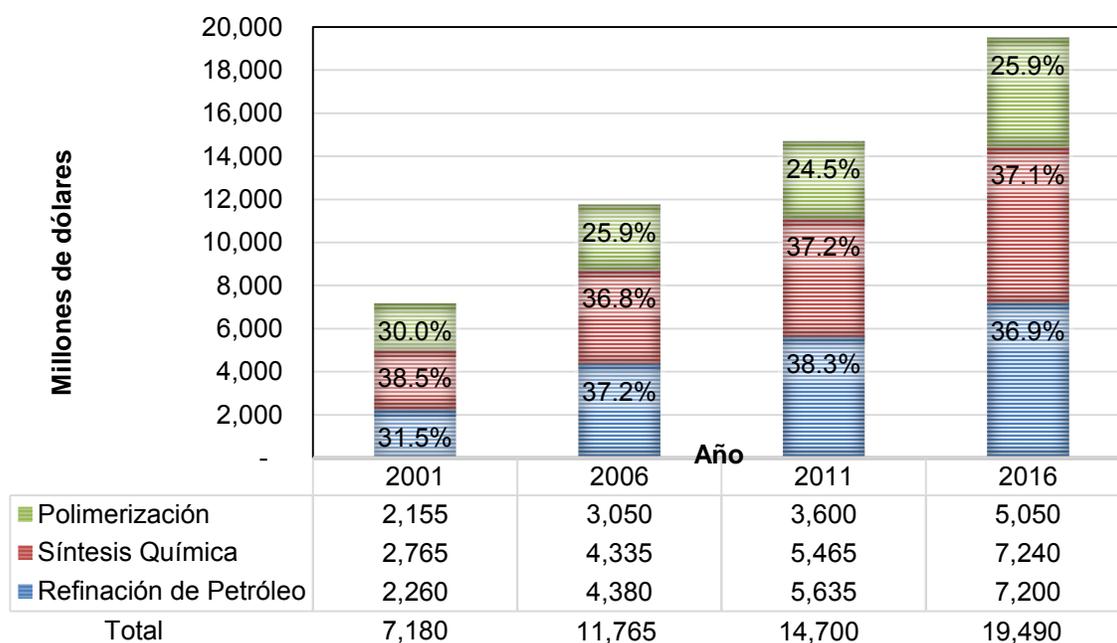
<sup>81</sup> González, J. y N. Manza, *Apuntes del diplomado "Actualización en Mercadotecnia Gerencial"*, 2013.



### 3.2.1 DEMANDA DE CATALIZADORES EN MÉXICO Y EL MUNDO

La catálisis es practicada por casi todas las empresas químicas importantes. Históricamente, la mayor parte de la producción, así como de consumo de catalizadores ocurre en países desarrollados de Europa Occidental, América del Norte, así como en Japón; siendo también éstos los principales proveedores a nivel mundial. En el año 2011, el mercado mundial de catalizadores alcanzó un nivel de ventas de 14 mil 700 millones<sup>82</sup> de dólares, con un crecimiento anual promedio desde el 2006 de 5 %. En este año, la mayor demanda fue por parte del sector de refinación del petróleo.

En la grafica 11, se presenta la demanda mundial de la industria de catalizadores, en millones de dólares, para cada segmento de aplicación, en el periodo que comprende de 2001 a 2011, con proyección hasta 2016.



**GRÁFICO 11.** Demanda mundial de catalizadores por segmento de aplicación (2001-2016).

**FUENTE:** Elaborado con datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

<sup>82</sup> The Freedonia Group, Inc.



La evolución de la industria de catalizadores del periodo 2006 a 2011, registró que el segmento más dinámico fueron los utilizados para la industria de refinación del petróleo con 5.2 % de incremento anual promedio. Los de uso para síntesis química y de la industria de los polímeros crecieron por debajo del promedio (4.8 %), con una tasa anual de 4.7 % y 3.4 %, respectivamente.

Del mismo modo, los segmentos con mayor participación en la demanda mundial son la refinación del petróleo y los utilizados en la síntesis de productos químicos, con una proporción similar desde el 2006.

Se estima una tasa de crecimiento del 5.8 % anual para el 2016, con un valor de 19 mil 490 millones de dólares. Este crecimiento será resultado del aumento en la demanda esperada de los países desarrollados para las industrias ya mencionadas, reflejada por la continua expansión y modernización de éstas.

**TABLA 4.** Tasa de crecimiento promedio anual de la demanda mundial de catalizadores por periodo (2001-2016).

Sector	Tasa de crecimiento anual promedio, %		
	2001-2006	2006-2011	2011-2016
Refinación de Petróleo	14.2	5.2	5.0
Síntesis Química	9.4	4.7	5.8
Polimerización	7.2	3.4	7.0
Total	10.4	4.8	5.8

**FUENTE:** Elaborado con datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

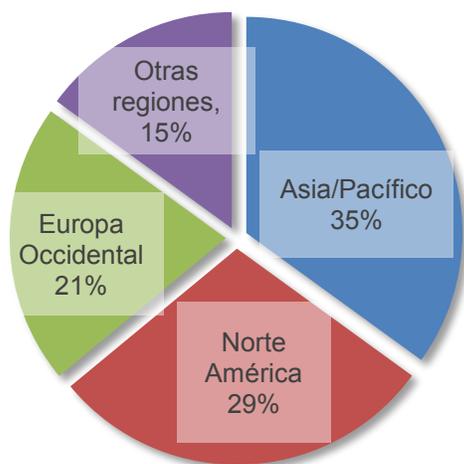
En la tabla 4, se observa que los mayores incrementos en la demanda promedio, por año, se dieron en el periodo 2001-2006, como un total de 10.4 % de crecimiento, siendo el de la mayor tasa, el sector de refinación del petróleo, no obstante, en el siguiente periodo disminuye 9 puntos porcentuales; y se espera reduzca 0.2 puntos para el siguiente periodo; sin embargo, aún representa el sector con mayor valor en la demanda hasta el 2011. Lo contrario pasa con la demanda de catalizadores para polimerización, que se estima irá creciendo en los siguientes años.



Los catalizadores para polimerización enfrentarán grandes cambios de crecimiento a nivel mundial, ya que se espera una tasa de crecimiento anual equivalente a 7.0 %, en comparación con los otros dos segmentos en el periodo 2011-2016. Ésto será debido a la expansión en la producción de resinas poliméricas y al crecimiento de los productos plásticos, que seguirán desplazando a otros materiales con gran variedad de aplicaciones; mientras tanto, los catalizadores organometálicos y los utilizados en el proceso Ziegler-Natta se beneficiarán al máximo. Las naciones que se encuentran en desarrollo de esta tecnología contribuirán a su consumo adicional<sup>83</sup>.

El aumento en los catalizadores para la refinación del petróleo es inminente como una consecuencia del consumo de esta materia prima; sin embargo, presentarán el menor crecimiento anual promedio de los tres segmentos estudiados con 5.0 %. Asimismo, en la demanda de catalizadores para síntesis química, se espera tener una tasa de crecimiento promedio anual de 5.8 %, equivalente al promedio de crecimiento total.

La distribución regional de la demanda de catalizadores en el 2016, representado en el gráfico 12, estará dominada por la región Asia-Pacífico, seguida por Norteamérica y Europa Occidental.



**GRÁFICO 12.** Distribución regional de la demanda mundial de catalizadores en 2016.

**FUENTE:** Elaborado con datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

<sup>83</sup> The Freedonia Group, Inc.



Para el año 2016, se espera que el mayor crecimiento se dé en Asia y el Medio Oriente. En Asia será liderado por China e India, debido a la rápida industrialización y expansión de las industrias de refinación, polímeros y químicos en ambos países. En el Medio Oriente, Arabia Saudita y otros grandes productores de petróleo y gas natural, continuarán sus esfuerzos para ampliar y diversificar su economía, mediante la inversión en refinación del petróleo y producción de químicos. Los productores de polímeros en el Medio Oriente, competirán cada vez más en los mercados mundiales.

La demanda de catalizadores en América del Norte tendrá un buen crecimiento debido al repunte en la producción de químicos y polímeros, conforme las empresas aprovechan la disminución en los precios de materias auxiliares como el gas natural. Los bajos precios del gas también fomentan un mayor desarrollo de las tecnologías de catalizadores implicados en la conversión de gas natural en combustibles líquidos y otros productos de valor agregado<sup>84</sup>.

En México, la industria del petróleo juega un papel muy importante en la economía, siendo así el mayor consumidor de catalizadores, esto se constata al comparar la estructura de la demanda del país con el mercado global, donde México orienta casi un 50 % de consumo de catalizadores para la refinación del petróleo en el 2011; como se observa en la tabla 5. Petróleos Mexicanos (PEMEX), la paraestatal encargada de los procesos de refinación, es el cliente predominante de catalizadores en este segmento.

**TABLA 5.** Comparación de la demanda mundial de catalizadores con la demanda nacional 2011.

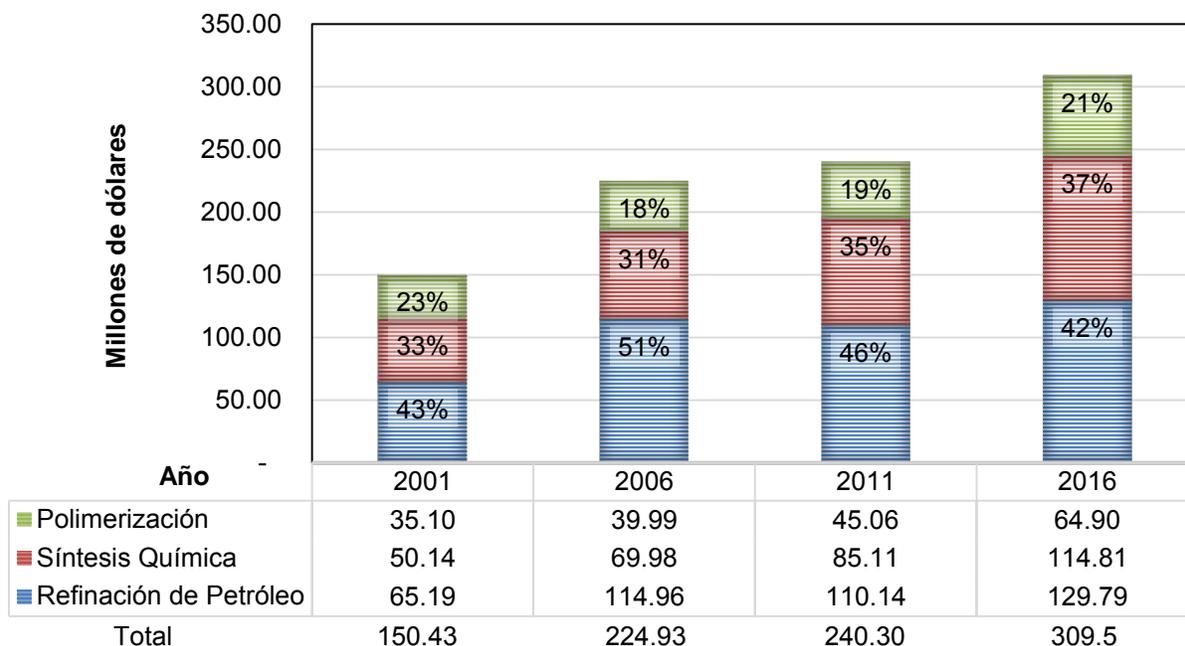
Sector	Global %	México %
Refinación de Petróleo	38.3	45.8
Síntesis Química	37.2	35.4
Polimerización	24.5	18.8
Total	100	100

**FUENTE:** Elaborado con datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

<sup>84</sup> SENER, "Prospectiva del Mercado de Gas Natural 2012-2016", México, 2012, p. 50



La demanda de los catalizadores en México es pequeña, representando tan sólo el 1.6 % de la mundial en 2011; y el mercado de los catalizadores para refinación dominó la demanda nacional con el 45.8 %, mientras que en el mercado global representa 7.5 puntos porcentuales menos con 38.3 %. Los otros segmentos son significativamente menores, en especial los catalizadores para polimerización, incluso al compararlos con la demanda mundial.



**GRÁFICO 13.** Demanda nacional de catalizadores por segmento de aplicación (2001-2016).

**FUENTE:** Elaborado con datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

La evolución en la demanda de catalizadores en México en el periodo 2006-2011, como se muestra en el gráfico 13, no representó un aumento significativo en comparación con el primer periodo 2001-2006, ya que sólo incrementó el 6.8 %, y el primero tuvo un incremento del 50 %. Ello se debió a un descenso en ésta, en términos de volumen de casi 30 %, principalmente, en el segmento de refinación, que, finalmente fue compensada por el aumento de los precios. Este comportamiento se ha observado desde el 2001, pero en menor grado con tan sólo una disminución de 7 % en la demanda en toneladas del 2001 al 2006, como se observa en la siguiente tabla (tabla 6).



**TABLA 6.** Demanda nacional de catalizadores en términos de volumen (2001-2016).

	2001	2006	2011	2016
Demanda (toneladas)	366,900	340,800	240,300	247,600
Tasa de crecimiento	-	-7%	-29%	3%

FUENTE: Realizada a partir de los datos obtenidos el estudio de mercado realizado por The Freedonia Group, Inc. "World catalyst to 2016 (Study #2989)".

Se ha pronosticado que la demanda de estas materias auxiliares en el país aumentará, en promedio, 5.2 % por año a 310 millones de dólares equivalentes a 248 mil toneladas, en el 2016. Este crecimiento se deberá al incremento en la demanda de catalizadores de polimerización. Aunque la demanda de catalizadores para los mercados de síntesis química y refinación tenderán a expandirse con menor dinamismo<sup>85</sup>.

Las refinerías en México hacen uso de catalizadores para los procesos de craqueo catalítico fluidizado (FCC), hidrotratamiento, procesos de alquilación, así como del reformado catalítico en un grado menor. La demanda de catalizadores para refinación se redujo significativamente en términos de volumen del 2006 al 2011, como ya se había mencionado, de 174 mil toneladas a 110 mil toneladas, es decir, se redujo casi el 40 % en todo el periodo, debido a que las tasas de operación de las refinerías disminuyeron. A pesar que la demanda también se redujo en términos de valor, la disminución fue parcialmente compensada por el aumento de los precios, especialmente para los catalizadores de FCC, donde tan sólo se observó un decremento del 4 % total en el periodo, equivalente a 4 mil 825 millones de dólares, con un tasa promedio anual de -0.9 %, como se observa en la tabla 7.

<sup>85</sup> The Freedonia Group, Inc., "North America: Mexico", *World Catalyst to 2016 (Study #2989)*.



**TABLA 7.** Tasa de crecimiento promedio anual de la demanda nacional de catalizadores por periodo (2001-2016).

Sector	Tasa de crecimiento anual promedio*, %		
	2001-2006	2006-2011	2011-2016
Refinación de Petróleo	12.0%	-0.9%	3.3%
Síntesis Química	6.9%	4.0%	6.2%
Polimerización	2.6%	2.4%	7.6%
Total	8.4%	1.9%	5.2%

**FUENTE:** Calculada a partir de los datos de la demanda presentados en el gráfico 13.

Se espera que la demanda en el mercado de refinación aumente 3.3 % anual a 130 millones de dólares o 247 mil toneladas en el 2016, debido a la promulgación de futuras normas, con estrictos límites de compuestos contaminantes en los combustibles para motor de combustión interna, ya que para lograr estas especificaciones, será necesario el uso de catalizadores de hidrotreatmento. La demanda, en términos de valor, de otros tipos de catalizadores para este mercado, será generalmente plano, ya que no se espera un crecimiento significativo en la producción<sup>86</sup>.

En 2011, los catalizadores para la síntesis de productos químicos tuvo el 35 % de la demanda nacional con 85 millones de dólares y un crecimiento anual promedio desde el 2006 del 4 %. Durante los últimos años, estos catalizadores han representado el segundo segmento con mayor demanda en el país, y su participación se ha ido incrementando mientras que los catalizadores de refinación disminuye.

La demanda de catalizadores para síntesis química va a experimentar un crecimiento promedio superior equivalente a 6.2 %, en el periodo de previsión, mientras que conforme la industria química en México ve un repunte sostenido en su demanda. El mercado de estos catalizadores se beneficiará, para todas las aplicaciones en este segmento, debido a una fuerte recuperación de la producción química en el futuro, como se mencionó en el primer capítulo<sup>87</sup>. Varias empresas internacionales han anunciado

<sup>86</sup> The Freedonia Group, Inc.

<sup>87</sup> Ibidem.



planes para aplicaciones o nuevas plantas en el país, incluyendo Clariant International<sup>88</sup> y DuPont, en la ampliación de su planta de dióxido de titanio, que se espera empiece operaciones en 2015. Adicionalmente, PEMEX y Mexichem planean la construcción de una planta para la producción de acetato de vinilo, materia prima para la industria de los polímeros<sup>89</sup>.

La demanda de catalizadores para polimerización, de los tres segmentos, ha tenido la menor participación nacional, con sólo 19 % en 2011, equivalentes a 45 millones de dólares. Su crecimiento anual promedio en los últimos dos periodos analizados ha sido casi constante con 2.5 % promedio. Se espera que su uso para los procesos de polimerización se incremente a un ritmo mayor para el 2016, ya que la reducción de precios en el gas natural, al igual que en las materias primas como el etileno, estimularán la expansión adicional de la producción del polímero<sup>90</sup>, como en el proyecto “Etileno XXI”, de la *joint venture* entre Grupo Idesa y Braskem<sup>91</sup>.

En 2011 se registró que el 66.5 % de las materias primas y auxiliares fueron importadas, entre ellas se encuentran los catalizadores, ya que gran parte de la tecnología catalítica comercial en México proviene de otros países, como se observa en el gráfico 14, donde se muestra el comportamiento del comercio exterior de los catalizadores provenientes de la industria petroquímica nacional como: octoatos, cloruros naftenatos, isononanoato metálicos, peracetatos, peroctoatos, peróxidos orgánicos y otros a base de ácidos toluén sulfónicos<sup>92</sup>.

---

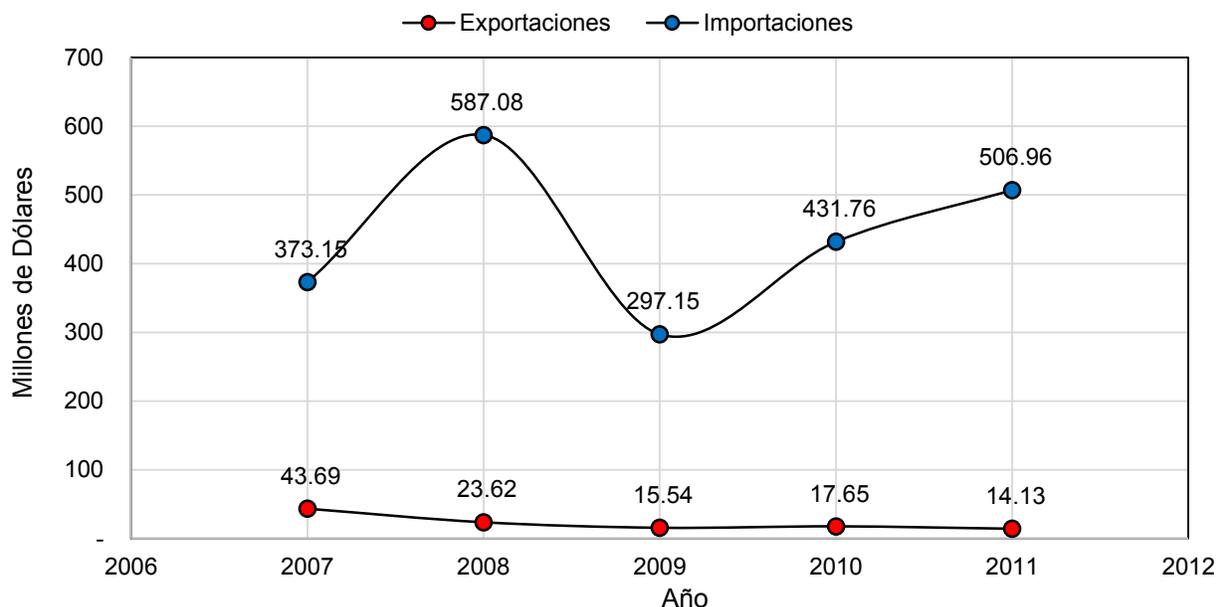
<sup>88</sup> Redacción T21, “Clariant inaugura nueva unidad de producción en Coatzacoalcos”, 15 de enero de 2013, visitado el 12 de octubre de 2013, <http://t21.com.mx/general/2013/01/15/clariant-inaugura-nueva-unidad-produccion-coatzacoalcos>.

<sup>89</sup> Grupo Expansión, “PEMEX y Mexichem formalizan coinversión”, 11 de septiembre de 2013, visitada el 12 de octubre de 2013, <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/09/11/pemex-y-mexichem-integran-nueva-empresa>.

<sup>90</sup> The Freedonia Group, Inc.

<sup>91</sup> Grupo Idesa, S.A. de C.V. “Proyecto Etileno XXI”, 2013, visitado el 13 de octubre de 2013, <http://www.grupoidesa.com/es/content/etileno-xii>.

<sup>92</sup> SENER. Anuario estadístico de la industria petroquímica 2007.



**GRÁFICO 14.** Comportamiento del comercio exterior de los catalizadores en la industria química nacional (2007-2011).

**FUENTE:** Elaborado con los datos obtenidos de la series estadísticas sectoriales, “La industria Química en México 2012”, del INEGI.

México es importador neto de catalizadores; desde el 2008, las exportaciones tan sólo han representado el 4 % de las importaciones en estos productos, a pesar de la caída de éstas en el 2009 por la recesión económica mundial.

Aunque en el país se ha visto un incremento en la demanda de catalizadores, en los años recientes, el crecimiento de la producción de estos materiales ha sido muy lento y, por lo tanto, las importaciones han aumentado, de forma que esta dependencia no se romperá.

### 3.2.2 OFERTA DE LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES

La industria mundial de catalizadores está controlada por las compañías de Estados Unidos (53 %), Europa (36 %) y Japón (7%). Estas firmas participan en la oferta de las materias primas catalíticamente activas (metales, tierras raras, zeolitas, óxidos mixtos, etc.) y de soporte (alúmina, sílice, carbón activado, etc.), el diseño y la producción (manufactura de catalizadores) y la distribución y comercialización a escala mundial. Además, estas empresas son multitecnológicas, es decir, producen y mantienen en el



mercado diferentes líneas de catalizadores, sin embargo se concentran en dos o tres catalizadores especiales que les proporciona la mayor parte de sus dividendos<sup>93</sup>.

La industria de catalizadores es altamente competitiva, con 21 empresas representando al menos el 1% del mercado, cada una de ellas en 2011. Las seis más grandes (BASF, WR Grace, Johnson Matthey, Albemarle, Honeywell, y Royal Dutch Shell) representaron aproximadamente el 45% del suministro total de catalizadores a nivel mundial. De éstos, WR Grace y Albemarle son, primordialmente, compañías de catalizadores y ambas lograron la mayor parte de sus ventas en el mercado de los catalizadores para refinación. Los principales negocios de Johnson Matthey son en el mercado de los metales preciosos y catalizadores para emisiones. De los catalizadores para procesos químicos que Johnson Matthey vende, aquellos que se aplican en síntesis química son el segmento más grande. BASF, Honeywell y Royal Dutch Shell son todas las grandes empresas con negocios de catalizadores importantes. Si bien BASF produce catalizadores como parte de sus operaciones centrales, tanto Honeywell como Royal Dutch Shell generan la mayor parte de sus ventas de catalizadores a través de empresas conjuntas y subsidiarias.

Un adicional de 15 empresas constituyó aproximadamente el 30% de las ventas de catalizadores en el mundo. Estas empresas son: Akzo Nobel, Arkema, Borealis, Chevron, Chevron Phillips Chemical, Clariant, Dow Chemical, Evonik Industries, Exxon Mobil, Haldor Topsoe, INEOS Group, Lyondell Basell, PQ y Sinopec. Al igual que los líderes de mercado, en estas empresas se incluyen grandes compañías petroleras, así como productores de químicos y polímeros. Estas compañías tienden a ser más activas en el mercado de los polímeros y, en muchos casos sus operaciones de catalizadores primordialmente atienden sus propios negocios de químicos o polímeros. De éstos, sólo Haldor Topsoe se aproxima a ser principalmente una compañía de catalizadores, aunque como Johnson Matthey, gran parte de sus ventas son de catalizadores para emisiones<sup>94</sup>.

Los productores restantes tienen sus ventas en catalizadores por debajo de 100 millones de dólares y son, a menudo, productores especializados o regionales; tal es el caso del

---

<sup>93</sup> Aboites, J., p. 32

<sup>94</sup> The Freedonia Group, Inc., "Industry Structure", *World catalyst to 2016 (Study #2989)*.



IMP (Instituto Mexicano del Petróleo) en México, el cual cuenta con una línea de negocio de catalizadores especializada en la refinación del petróleo, principalmente, para PEMEX; y cuenta con un pequeño mercado internacional donde están: Venezuela, Rumania y Estados Unidos. En sus servicios incluyen el desarrollo tecnológico de nuevos catalizadores, asistencia técnica en el manejo de catalizadores, desarrollo de paquetes tecnológicos, servicios especializados de caracterización, evaluación y selección, entre otros<sup>95</sup>.

Además de las pequeñas y medianas empresas, que se centran en los catalizadores para un mercado específico, por región o aplicación, otras grandes empresas producen catalizadores en una pequeña proporción, como parte de su portafolio general.

La industria de catalizadores presenta un grado moderado de concentración, como se puede observar en los párrafos anteriores, sin embargo, dependerá de cada uno de sus segmentos y de las características de los productos más importantes obtenidos de los catalizadores. La refinación del petróleo tiende a ser el segmento más concentrado de catalizadores, es decir, que un número pequeño de empresas cuentan con la mayor parte del mercado, esto se debe al alto grado de experiencia técnica necesaria en su desarrollo, producción, ventas y tipos de procesos catalíticos llevados a cabo en las tecnologías de refinación. En contraste, una porción importante del mercado de catalizadores para polímeros está constituido de productos químicos los cuales pueden ser producidos por un gran número de proveedores, sin embargo, esto no aplica en todo el mercado de este segmento, ya que las tecnologías patentadas son ampliamente utilizadas en la polimerización.

La síntesis química en este mercado es la más fragmentada. La elaboración de productos químicos, ya sean *commodity* o de especialidad, utiliza una variedad de catalizadores, principalmente metales; sin embargo, existe un gran número de empresas que los suministran<sup>96</sup>.

---

<sup>95</sup> Aboites, J., p 3.

<sup>96</sup> The Freedonia Group, Inc.



### 3.2.3 ESTRATEGIAS DE MARKETING EN LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES

En la industria de catalizadores, las estrategias de marketing suelen centrarse en el catalizador y los servicios técnicos asociados. Las empresas de esta industria gastan una gran cantidad de dinero para promocionar sus productos, lo que implica el uso de diversas herramientas, entre ellas, se encuentra la publicidad industrial; misma que está dirigida a los usuarios de la industria química, donde se utilizan procesos catalíticos y su función primordial es informar a los clientes sobre los productos que el fabricante produce, en términos de los catalizadores y de los procesos donde se utilizan.

Como parte de la publicidad, los clientes reciben todas clases de publicaciones profesionales, técnicas y especializadas sobre cada uno de los diferentes productos, siendo la descripción de sus características específicas y su proceso, los factores más importantes. Estas publicaciones son las principales fuentes de información sobre la disponibilidad de productos. Dentro de esta publicidad, los sistemas comúnmente utilizados son la publicidad directa (circulars informativas, catálogos, manuales de operaciones, etc.) y revistas especializadas<sup>97</sup>.

Muchas veces se tiende a inducir a los compradores a solicitar información adicional con promociones en las que se pueden incluir pruebas de los productos, a través de muestras.

En las estrategias de marketing de esta industria, es importante tomar en cuenta los factores que influyen en las compras; a menudo, algunos tipos de catalizadores se venden como parte de un paquete de tecnología global que puede incluir equipos y contratos de servicio a largo plazo. En este caso, el proceso de venta implica, generalmente, largas negociaciones y consultas técnicas. Otros tipos de catalizadores son más del tipo *commodity* y se pueden comprar a partir de un número de proveedores, con costos mínimos de conmutación. Para estos catalizadores, la ruta de venta principal es la venta directa y muchas empresas grandes mantienen las oficinas a nivel mundial para este fin. La distribución de los catalizadores se realiza por trato directo.

---

<sup>97</sup> Reales, H., "Marketing Industrial", *Gestiopolis*, octubre de 2002, visitado el 27 de julio de 2013, <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/mktindustrialhernando.htm>.



Asimismo, existen otros factores que influyen en las compras, en muchos casos, el catalizador sólo forma parte de un pequeño porcentaje de los costos totales a los que se enfrenta el consumidor; de manera que el precio tiende a ser un factor menos importante cuando es el caso. En mercados como el de refinación, donde se requiere equipo de gran tamaño y complejidad técnica; los procesos y los servicios técnicos y de consulta son parte importante para la comercialización. Otros mercados con tendencias similares son aquellos para los catalizadores altamente avanzados y especializados, tales como los utilizados en la síntesis de productos del mismo rango.

Al contrario de los catalizadores especializados, otros tienden a comportarse como productos *commodities*; es el caso del ácido sulfúrico, para el que se debe tomar en cuenta consideraciones como: consistencia, entrega confiable y precio, que serán los factores dominantes para su comercialización<sup>98</sup>.

Los precios de los catalizadores se pueden ver afectados por una serie de factores: la oferta y la demanda, los precios de las materias primas, los costos de la energía, el tipo de cambio y las leyes de propiedad intelectual. Aunque en el caso de la mezcla de productos (*product mix*), se afecta más el precio promedio, ya que los precios pueden variar desde unos cuantos centavos por kilogramo a varios cientos de miles de dólares. Históricamente, muchos de estos factores se movieron de manera predecible; sin embargo, en los recientes cambios en el precio de la energía y de la materia prima (por ejemplo, los metales), para la producción de catalizadores, han dado como resultado un aumento en la volatilidad de los precios de éstos. Además, eventos inesperados o imprevistos, pueden alterar el equilibrio en la oferta y la demanda y conducir a cambios bruscos en sus precios, como el caso en los aumentos de precios de las tierras raras en 2010, que causó gran impacto en los catalizadores de FCC.

Esta oferta y demanda influyen en dos diferentes niveles:

El **exceso de capacidad o la caída de la demanda**, en cualquier sector de la industria química, pueden ser presión para que haya una baja en los precios de los productos y en sus márgenes, forzando a las compañías a reducir sus gastos en materias primas y

---

<sup>98</sup> The Freedonia Group, Inc.



auxiliares, incluyendo los catalizadores. La demanda de catalizadores se reduce, a medida que las empresas esperan más tiempo para reemplazarlos, o al tener un crecimiento más dinámico en la búsqueda de catalizadores alternativos, que puedan reducir sus costos.

Un aumento en sus precios es consecuencia de la **escasez en la oferta**. Ésta se debe a que no se invirtió en la ampliación de la capacidad de la industria o cuando los usuarios de catalizadores se enfrentan a bajos costos en las materias primas lo que provoca un rápido crecimiento de la demanda. Por ejemplo, los precios del gas natural en América del Norte retrocedieron desde niveles muy elevados en 2008 y se espera que se mantengan a la baja. Esto ha causado que las compañías de químicos y de polímeros, las cuales usan el gas natural como materia auxiliar, expandan su capacidad e incrementen el consumo de catalizadores. Efectos similares se perciben a nivel de los productores de catalizadores, en que un desequilibrio en su producción puede conducir a fluctuaciones en sus precios.

Mientras que bajo circunstancias normales, la oferta y la demanda son factores esenciales en la determinación de sus precios; también los cambios repentinos en los costos de las materias primas y/o de la energía, pueden tener un efecto dominante. Como se vio con el aumento en el periodo 2004-2008 que hizo que los costos de producción aumentaran y, para poder seguir siendo rentables, también sus precios se elevaron; incluso en los mercados donde los niveles de demanda no justifican necesariamente dicho aumento.

La mayoría de los precios de las materias primas cayeron en 2008 y 2009, y han ido aumentado moderadamente desde entonces. En el corto plazo, el aumento en los precios de los materiales ha sido un beneficio para la industria de catalizadores, tanto en las ganancias como en la rentabilidad.

Otros factores que afectan los precios de los catalizadores incluyen la fuerza de las leyes de propiedad intelectual y la mezcla de productos. El desarrollo de nuevos catalizadores es un proceso intensivo de investigación que da lugar a la creación de una extensa propiedad intelectual (en forma de patentes) cuando un nuevo catalizador es, finalmente,



comercializado. En países con una pobre protección en la propiedad intelectual, estos catalizadores pueden ser copiados y vendidos a precios mucho más bajos reduciendo el precio y la demanda promedio<sup>99</sup>.

Volviendo a las estrategias de marketing utilizadas en la industria de catalizadores, sus empresas productoras comercializan los productos a consumidores potenciales, a través de diversas maneras ya mencionadas; pero también valiéndose de la promoción industrial como de convenciones y exposiciones. En éstas, las compañías que venden a otras industrias, muestran sus productos, de forma que los proveedores reciben muchos beneficios, tales como: oportunidad de nuevos contactos, la venta de productos nuevos o ya conocidos y establecer una cartera de clientes<sup>100</sup>.

### **3.3 ESTRATEGIAS COMPETITIVAS EN LA INDUSTRIA DE CATALIZADORES**

El análisis de los aspectos esenciales de las estrategias competitivas, de las empresas productoras de catalizadores a escala mundial, es importante para conocer su naturaleza en esta industria y pueden servir para orientar las estrategias futuras que la hagan viable en el país, sobre todo cuando se trata de una industria que se caracteriza por su alto grado de competitividad pero tiene diversas barreras para la entrada de nuevos actores comerciales<sup>101</sup>.

Las empresas en la industria de catalizadores utilizan una variedad de estrategias competitivas para permanecer, incursionar y ampliar su presencia en el mercado, y son aplicadas tanto en las corporaciones multinacionales como en las grandes empresas nacionales. Éstas incluyen: investigación y desarrollo de nuevos productos, diferenciación de productos, liderazgo de bajo costo, adquisiciones y fusiones, y acuerdos de cooperación (basadas en las estrategias competitivas de Michael E. Porter)<sup>102</sup>.

---

<sup>99</sup> The Freedonia Group Inc., "Market environment: Price", *World catalyst to 2016 (Study #2989)*.

<sup>100</sup> Kotler, P., p. 422.

<sup>101</sup> Aboites, J., p. 53

<sup>102</sup> Ibidem.



### 3.3.1 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

La investigación en la tecnología es un factor muy importante en la industria de catalizadores. Muchas compañías y organizaciones de investigación están involucradas en su desarrollo y en el mejoramiento de los ya existentes. Este conocimiento ha ido evolucionando, en conjunto con los procesos químicos de refinación y de polimerización modernos, ya que su desarrollo se centra en todo el proceso químico y no sólo en el catalizador. Adicionalmente, esta industria tiene una tendencia hacia la formación de equipos de trabajo multidisciplinarios<sup>103</sup>.

En los últimos años, el desarrollo de estrategias específicas en el área de investigación y desarrollo, es crucial para la competitividad en el mercado. Las cuales están asociadas a factores económicos, técnicos e institucionales, como ya se ha mencionado; y tienen que ver con las características de los catalizadores que son: conversión, selectividad, estabilidad, entre otras<sup>104</sup>.

Los productores de catalizadores tienden a invertir una cantidad importante de recursos en actividades de investigación y desarrollo, y a partir de estas prácticas, se implementan estrategias de propiedad intelectual para proteger sus innovaciones<sup>105</sup>.

En México, el organismo encargado de otorgar patentes es el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), a partir de la ley de propiedad industrial, donde se establecen las bases para el ejercicio de actividades inventivas e industriales en el país. La última ley entró en vigor el 27 de junio de 1991.

En el país, se ha registrado que se otorgan más patentes a empresas extranjeras que a empresas nacionales; y sólo cuatro instituciones mexicanas han presentado solicitudes de patente, sobre catalizadores, ante el IMPI: El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

---

<sup>103</sup> Idem, p. 54-58.

<sup>104</sup> Ibidem.

<sup>105</sup> The Freedonia Group, Inc., "Industry structure: competitive strategies", *World catalyst to 2016 (Study #2989)*.



En un periodo de 35 años (1975-2005), se han solicitado 800 patentes tan sólo en el segmento de catalizadores para refinación de petróleo, como el mercado de mayor demanda nacional, tanto de empresas extranjeras como de instituciones locales, de las cuales se han otorgado 465. El IMP es la institución mexicana con más patentes concedidas en ese segmento con un total de 53<sup>106</sup>.

El volumen de patentes sobre catalizadores presentadas ante el IMPI, reflejan el potencial y la competencia que existe en la industria de catalizadores en México; el hecho de que un gran número de compañías decidan proteger su nuevo conocimiento, es el reflejo de que el país sea un fuerte consumidor de catalizadores y que tenga un poder importante dentro del mercado a la hora de seleccionar a sus proveedores. México realiza fuertes inversiones en este campo y eso hace que compañías extranjeras, competidoras, quieran proteger su conocimiento y explotarlo en el país.

### **3.3.2 DIFERENCIACIÓN DEL PRODUCTO**

La diferenciación del producto es la estrategia de crear una percepción de que el producto o servicio que la empresa ofrece, tiene beneficios únicos para el consumidor. Esta estrategia puede justificar mayores márgenes y tender a proteger a las empresas de los competidores que pueden permitirse el lujo de cobrar precios más bajos debido a una base de costo también bajo. La diferenciación del producto es lo más difícil de lograr en los mercados, con productos de la competencia intrínsecamente similares (o incluso idénticos). En estos casos, una estrategia de diferenciación de los productos implica la agrupación del producto con un servicio que le cree un valor agregado. Sin embargo, en la industria de catalizadores, la mayoría de los productos son relativamente fáciles de diferenciar el uno del otro.

Dado que la mayoría de los catalizadores tienen características únicas, la diferenciación de productos es la estrategia competitiva dominante, empleada en esta industria. La producción de muchos catalizadores se basa en tecnología específica y muy avanzada

---

<sup>106</sup> Mora, H., "La producción de nuevo conocimiento sobre catalizadores para refinar petróleo en México y Brasil, medida a través de patentes", 2010, visitado el 22 de julio de 2013, [http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT3/SESSION2/MT32\\_HMORAH\\_054.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT3/SESSION2/MT32_HMORAH_054.pdf). ISBN 978-607-95030-7-9.



en la cual se requiere de una gran cantidad de conocimientos tecnológicos concretos. Además, los procesos de producción en los que se utilizan catalizadores, también son complejos y las diferencias sutiles en las condiciones del proceso, materias primas y otros factores, a menudo requieren diferentes aplicaciones catalíticas. Incluso en los mercados maduros y de alto volumen, tales como los catalizadores de polimerización para el proceso Ziegler-Natta y de refinación para FCC, se mantienen en el ámbito de la diferenciación del producto, a través de la personalización de las características del catalizador en base a las características requeridas en el producto resultante del proceso. Para los catalizadores de refinación para FCC, estas características podrían incluir: carga metálica, contenido de tierras raras, rapidez de conversión, entre otros; para los catalizadores para el proceso Ziegler-Natta: el cocatalizador, la estereoquímica y el peso molecular, son algunas de las características que sirven para su diferenciación. El alto grado de diferenciación de estos tipos de catalizadores se refleja en el gran número de productos disponibles en esta categoría. La diferenciación del producto puede mejorarse aún más, al ofrecer la tecnología de proceso y la experiencia técnica junto con el catalizador. Esto es común en los mercados de polímeros y refinación, en donde el catalizador se vende frecuentemente junto con una licencia para utilizar tecnología adyacente<sup>107</sup>.

### **3.3.3 LIDERAZGO DE BAJO COSTO**

Las estrategias de liderazgo de bajo costo, por el contrario, dependen de la voluntad para aceptar bajos márgenes y vender un producto con menor número de ventajas singulares. El objetivo de una estrategia de liderazgo de bajo costo, es competir en precio y vender a otros que los competidores de la empresa no puedan permitirse. En la industria de catalizadores, el liderazgo de bajo costo es menos importante que la diferenciación de los productos, pero todavía juega un papel importante. El liderazgo de bajo costo se basa en que el consumidor sea sensible a los precios. Puesto que los consumidores de los catalizadores suelen involucrarse con un margen bajo, las industrias altamente competitivas, a veces son sensibles a los precios de sus insumos. Cuando los catalizadores disponibles son todos suficientemente similares entre sí, o cuando sus

---

<sup>107</sup> The Freedonia Group, Inc.



costos constituyen una porción suficientemente grande de los costos totales a los que se enfrenta el consumidor, el precio del catalizador se convierte en una preocupación importante. Estas condiciones se cumplen para algunos tipos de catalizadores utilizados en la refinación del petróleo, por ejemplo, aquellos materiales comúnmente utilizados en la reacción HDS (hidrodesulfuración) que utilizan como fase activa metales de transición en estados de oxidación cero o sales de metales de transición, promovidos por níquel o cobalto y soportados en gamma-alúmina ( $Al_3O_2$ ). Otro más notablemente con estas características, es el ácido sulfúrico utilizado en la alquilación, así como algunos tipos de catalizadores para síntesis química y polimerización.

Un factor que también puede contribuir a las ventajas sobre los costos, es el establecimiento de una presencia mundial con matrices y sucursales. Algunos tipos de catalizadores (como los catalizadores para FCC) deben ser transportados a los clientes. Si los clientes de una empresa de catalizadores están localizados en otro país, entonces tener ventas e instalaciones de producción cerca de los mercados finales reducirá gastos de envío y los costos que ello conlleva<sup>108</sup>.

### 3.3.4 ADQUISICIONES Y FUSIONES

Aunado a la estrategia anterior, existen diversas maneras para que un productor de catalizadores genere ventajas en los costos, la más importante de éstas, usualmente, son las economías de escala y la integración vertical. Esta última, es común debido a que la industria de catalizadores maneja un mercado cautivo, como se pudo observar en la oferta de esta industria. La integración vertical es, en ocasiones, una parte integral del manejo de los costos de las materias primas para la producción de catalizadores y, muchas veces se da por adquisición, fusiones y venta de activos u operaciones<sup>109</sup>.

Otras veces los productores de catalizadores realizan adquisiciones, como un método efectivo, en el incremento de ventas y en la participación del mercado, particularmente en los mercados como el de refinación, en el que los catalizadores son vendidos en conjunto con el servicio técnico y la tecnología relacionada. También otra actividad consiste en realizar transacciones involucrando un sólo segmento o *facility*, así

---

<sup>108</sup> Ibidem.

<sup>109</sup> Ibidem



compromete sólo una parte de la actividad general de la empresa. Estas transacciones son perseguidas por empresas que buscan optimizar su estructura interna, entrar en nuevos mercados, o salir de los no rentables.

Debido a que los catalizadores son de alto margen, generalmente siendo un segmento de bajo volumen en la industria química, los productores de catalizadores, a menudo, realizan adquisiciones atractivas para las grandes empresas de químicos y polímeros, buscando diversificar sus carteras y mejorar sus márgenes de operación.

A veces los esfuerzos de una compañía para expandirse coinciden con los deseos de otra compañía para desprenderse de activos u operaciones que ya no son considerados como negocios clave. Esta ha sido la forma predominante de la reestructuración de la industria en los últimos años.

La integración vertical es utilizada, particularmente, para los catalizadores que utilizan metales. El costo de los metales utilizados en estos catalizadores es alto en relación con el costo global de la producción. Por lo tanto, controlar el suministro independiente de metales proporciona una ventaja significativa. Las compañías que son grandes productoras de catalizadores metálicos, también se dedican a la producción, a la comercialización y a la venta de metales. Las más notables de estas empresas son BASF y Johnson & Matthey.

En el otro extremo de la integración vertical, muchos productores de catalizadores también son consumidores de ellos. Ser tanto el productor como el consumidor de catalizadores provee un gran número de ventajas. Las empresas que usan sus propios catalizadores son capaces de personalizar y poner características del producto a la medida de sus necesidades y dirigirán los esfuerzos de investigación y desarrollo con eficacia, así como garantizar un suministro confiable y constante de éstos<sup>110</sup>.

### **3.3.5 ACUERDOS DE COOPERACIÓN**

Debido a la complejidad técnica de la industria de catalizadores y de los costos en investigación y desarrollo, así como de la producción y distribución; los acuerdos de

---

<sup>110</sup> Idem, "Industry structure: competitive strategies".



cooperación entre los productores de catalizadores son comunes en esta industria. Estos acuerdos proveen una gama de ventajas a las organizaciones involucradas, incluyendo acceso a las tecnologías y mercados geográficos, y la reducción de costos en investigación y desarrollo.

El tipo de acuerdo de cooperación más importante en la industria de catalizadores es el de empresas conjuntas (*joint venture*). Este tipo de contrato se extiende por una serie de razones, ya que permiten a las compañías repartir entre ellas los costos y riesgos al desarrollar nuevos productos o al entrar en nuevos mercados. Adicionalmente, permiten la puesta en común de conocimientos tecnológicos. Éste es un factor importante porque una exitosa comercialización de la tecnología de los catalizadores, frecuentemente, requiere de la participación y capacidad de un gran número de áreas complementarias. Otra razón de la importancia de estos contratos es que, a menudo, permiten a las compañías entrar a nuevos mercados en los que por razones técnicas, culturales e, incluso, políticas habrían evitado lo contrario.

Un gran número de *joint ventures*, iniciados por el reparto de costos y tecnologías, existe sobre todo en la industria de catalizadores para refinación; los ejemplos incluyen Advanced Refining Technologies (ART), entre Grace y Chevron. Otras *joint ventures* que combinan áreas complementarias de experiencia, incluyen Univation Technologies (Dow Chemical y Exxon Mobil) y Chevron Phillips Chemical (Chevron y Phillips 66) <sup>111</sup>.

Otras empresas conjuntas son, con frecuencia, motivadas por el aspecto geográfico. En muchos casos, los grandes productores de catalizadores han encontrado a las empresas conjuntas como la mejor manera de aumentar la producción y distribución de mercado en nuevos o en aquellos en vías de desarrollo. De hecho, casi todas las grandes empresas productoras de catalizadores poseen participaciones en negocios conjuntos fuera de sus países de origen. Las asociaciones conjuntas proporcionan un camino a las empresas extranjeras para acceder a la red de distribución local, así como para poder relacionarse con los clientes del socio de esa región; mientras que también provee, a este último, acceso a tecnología más avanzada y la experiencia en la producción. En los

---

<sup>111</sup> Idem, "Industry structure: cooperative agreements".



países con industrias de petróleo y gas nacionalizadas, las empresas conjuntas pueden ser la única opción de comercialización<sup>112</sup>.

Otros tipos de acuerdos de cooperación abarcan alianzas de desarrollo, contratos de fabricación, acuerdos de licencias y alianzas estratégicas o técnicas. De estos, los acuerdos de licencias son particularmente importantes; muchas tecnologías de catalizadores son propiedad y están protegidas por las leyes de propiedad intelectual, incluidas las patentes. Diversos productores de catalizadores también otorgan licencias de procesos relacionados. En situaciones en las cuales la tecnología del proceso tiene licencia, la producción del propio catalizador puede o no realizarse. Una situación común es que el catalizador sea producido por la empresa que otorga la licencia del proceso y ésta sea vendida a la parte que utiliza esa tecnología. Otros convenios de cooperación destacados incluyen asociaciones estratégicas entre Albemarle y UOP con respecto a la producción y marketing de catalizadores para refinación.

Un ejemplo que cumple con las características de alianzas tecnológicas y geográficas en México se da por el IMP, donde convertir un catalizador desarrollado en un producto comercial requiere alianzas sólidas con empresas en el extranjero, debido a que no hay fabricantes de catalizadores dentro de las fronteras del país. EL IMP realiza la investigación aplicada para desarrollar la tecnología de los catalizadores y luego otorga licencias a empresas de catalizadores en Estados Unidos y Europa, las cuales fabrican el catalizador de acuerdo a las especificaciones estipuladas por el propio instituto, para posteriormente, vender el producto a Pemex, al que también el IMP presta apoyo técnico en sus refinerías<sup>113</sup>.

---

<sup>112</sup> Ibidem.

<sup>113</sup> Jacoby, M., p. 53



---

## CONCLUSIONES

- Se proporcionó un panorama general de la industria de catalizadores, donde se incluyó la dimensión y estructura de este sector, tanto mundial como nacional.
- La información proporcionada, apunta a una situación en la que, en términos generales, se hace necesaria la implementación de estrategias competitivas y sostenibles que hagan viable el futuro de esta industria.

En conclusiones más particulares, se encontró que:

- La mayor demanda de catalizadores en el mundo se encuentra en las regiones de Asia/ Pacífico y Norte América.
- Los mercados de los catalizadores para refinación y síntesis química han dominado la demanda mundial durante el periodo estudiado (2001-2011).
- El crecimiento del mercado de catalizadores en México es inminente, ya que se espera que la inversión en la industria química aumente, y con ésta, la utilización de procesos catalíticos.
- En México, los mercados de catalizadores para refinación dominaron la demanda nacional en el periodo estudiado (2001-2011) y, se espera, siga siendo el mayor mercado en los próximos tres años.
- Se espera que la demanda nacional de catalizadores para los procesos de polimerización crezca con mayor dinamismo en el próximo periodo (2011-2016) y aumente su participación en el mercado.
- México es dependiente de la importación de catalizadores para los procesos químicos utilizados en su territorio. La gran parte de la tecnología catalítica comercial proviene de otros países.
- El mercado cautivo es una característica significativa en la industria de catalizadores, lo que crea una barrera importante para incursionar en los mercados de estas materias auxiliares.
- Las estrategias de marketing suelen centrarse en el catalizador, sus características particulares y los servicios técnicos asociados a su proceso.



- El precio de un catalizador será importante para su comercialización dependiendo si se comporta como un producto commodity o especializado.
- La utilización de estrategias competitivas es de gran utilidad para que las empresas concurrentes del mercado incrementen su participación en la industria.
- La investigación y desarrollo constituyen una actividad fundamental y continua para los productores de catalizadores y es fundamental para tener una participación en el mercado.
- La necesidad de conocimiento y la inversión en su desarrollo tienden a favorecer las formación de acuerdos de cooperación, en especial *joint ventures*.
- En México se cuenta con diversos grupos de investigación y desarrollo en catálisis.
- El IMP es la única institución en el país con una línea de negocio definida para catalizadores de refinación. La comercialización de estos productos es dependiente de las alianzas tecnológicas con empresas extranjeras.



---

## RECOMENDACIONES

Dado que la industria de catalizadores se caracteriza por ser muy heterogénea, al querer incursionar en ésta, se debe tomar en cuenta a qué segmento del mercado se quiere introducir, ya que como se vio a lo largo del trabajo, dependerá de qué tipo de catalizador se esté hablando y, por lo tanto, su comportamiento será diferente en su comercialización. Asimismo, se debe reducir el rango de catalizadores a vender, donde haya una mayor especialización, con el propósito de optimizar los planes de comercialización, sobre todo en aquellos productos especializados.

Debido a que en México no hay fabricantes de catalizadores especializados locales y sólo se ha incursionado en el área de investigación y desarrollo por parte de diversas instituciones y universidades, se debe tener un plan de marketing un poco diferente por parte de los investigadores, donde los clientes serán las grandes empresas multinacionales. Éstas harán que el producto elaborado dentro del laboratorio sea más factible para su comercialización. Y ya que en este caso, todo dependerá de la innovación del catalizador, donde el proceso involucrado sea uno existente o uno nuevo, tendrá que ir de acuerdo a las tendencias del mundo industrial; los investigadores en el ámbito académico deben prestar atención a estas indicaciones.

Las alianzas tecnológicas serán la mejor puerta para que los investigadores de estas universidades e instituciones incursionen plenamente en la industria de catalizadores.



---

## BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, Jaime, José Manuel Domínguez, and Tomás Beltrán. *La Tríada Innovadora I y D en el Instituto Mexicano del Petróleo*. México: Siglo XXI Editores, 2004.
- Anónimo. *Flujos Comerciales y Flujos de Capital*. 7 de enero de 2013. <http://www.diariofx.com/flujos-comerciales-y-flujos-de-capital> (Fecha de acceso: 19 de septiembre, 2013).
- . "La Industria Química en México." *Scribd*. 28 de agosto de 2008. <http://es.scribd.com/doc/5188560/capitulo-I-La-industria-quimica-en-Mexico> (Fecha de acceso: 28 de junio de 2013).
- . *Producto Interno Bruto*. 5 de junio de 2013. [http://www.economia.com.mx/producto\\_interno\\_bruto.htm](http://www.economia.com.mx/producto_interno_bruto.htm).
- Armor, John N. "A history of industrial catalysis." *Catalysis Today* (Elsevier B.V.), no. 163 (2011): 3-9.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. *Anuario Estadístico 2012. Capítulo 1: Situación General de la Economía*. México, D.F.: ANIQ, 2012.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. *Anuario Estadístico 2012. Capítulo 10: La Industria de las Resinas y Hules Sintéticos*. México, D.F.: ANIQ, 2012.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. *Anuario Estadístico 2012. Capítulo 2: La Industria Química*. México, D.F.: ANIQ, 2012.
- Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. *Anuario Estadístico 2012. Capítulo 8: La Industria Química Inorgánica*. México, D.F.: ANIQ, 2012.
- Ayala Zavala, Pascual. "Cuenta 24 Materias Primas y la Cuenta 25 Materiales Auxiliares, Suministros y Repuestos en el Nuevo Plan Contable General para empresas (Artículo en línea)." *Actualidad Empresarial*. No. 178. 15 de marzo de 2009. [http://www.aempresarial.com/web/revitem/5\\_9281\\_96501.pdf](http://www.aempresarial.com/web/revitem/5_9281_96501.pdf) (Fecha de acceso: 24 de septiembre de 2013).



BASF. The Chemical Company. *Instalaciones*. 2013.  
[http://www.polyurethanes.basf.de/pu/Spain/Informacion\\_general/Instalaciones](http://www.polyurethanes.basf.de/pu/Spain/Informacion_general/Instalaciones)  
(Fecha de acceso: 21 de septiembre de 2013).

BASF. The Chemical Company. *Heterogeneous Precious and Base Metal Catalysts*. 2013.  
<http://www.catalysts.basf.com/p02/USWeb-Internet/catalysts/en/content/microsites/catalysts/prods-inds/process-catalysts/heter-prec-base-metal-cat> (Fecha de acceso: 25 de agosto de 2013).

Behr, Arno, and Peter Neubert. *Applied Homogeneous Catalysis*. Alemania: Wiley-Vch, 2012.

BP p.l.c. *BP Statistical Review of World Energy 2013*. Reino Unido: BP, Junio, 2013.

Brun, Xavier, Pablo Larraga, and Miriam Moya. *Cómo interpretar la información económica*. Barcelona: PROFIT, 2008.

Caballero Suárez, Luis M. *Introducción a la Catálisis Heterogénea*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Chamizo, José Antonio. *Actividades químicas en la historia de México*. vol. 132, no. 199. Septiembre 2006.  
<http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/revista/199/Articulos/Actividadesquimicas/Actividades04.htm> (Fecha de acceso: 21 de julio de 2013).

Chevron Corporation. *About Chevron Lummus Global*. 2013.  
[http://www.chevron.com/products/sitelets/refiningtechnology/about\\_che\\_tech.aspx](http://www.chevron.com/products/sitelets/refiningtechnology/about_che_tech.aspx) (Fecha de acceso: 25 de agosto de 2013).

Chevron Phillips Chemical Company LLC. *Company Overview*. 2013.  
<http://www.cpchem.com/en-us/company/Pages/default.aspx> (Fecha de acceso: 24 de agosto de 2013).



Comisión Europea. Instituto de Prospectiva Tecnológica. "Química Fina Orgánica." *PRTR-España*. Diciembre 2005. <http://www.prtr-es.es/data/images/resumen%20ejecutivo%20bref%20qu%C3%ADmica%20org%C3%A1nica%20fina-c77e5a3eb4e4312c.pdf> (Fecha de acceso: 15 de julio de 2013).

CONICET Bahía Blanca. "Catálisis Heterogénea. Reactores Químicos y Biológicos." *CONICET Bahía Blanca Web site*. 2007. <http://www.criba.edu.ar/cinetica/reactores/Capitulo%2010.pdf> (Fecha de acceso: 8 de mayo de 2013).

Cuevas García, Rogelio. "Historia de la catálisis." *Apuntes del curso de Reactores II*. México, D.F.: UNAM, 2010.

El Banco Mundial. *América Latina: Cinco lecciones de la Gran Recesión (Artículo en línea)*. Diciembre 19, 2011. <http://go.worldbank.org/MI00MS4B70> (Fecha de acceso: 5 de septiembre de 2013).

—. *PIB (US\$ a precios constantes de 2005)*. 2013. <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD/countries/1W?display=default> (Fecha de acceso: 12 de agosto de 2013).

Evonik Industries. "Refining of Precious Metal Powder Spent Catalysts." Alemania, 2012.

Forbes Staff. *México reduce proyección de crecimiento*. Mayo 17, 2013. <http://www.forbes.com.mx/sites/mexico-reduce-proyeccion-de-crecimiento/> (Fecha de acceso: 6 de septiembre de 2013).

Freeslate. *Screening Pressure Reactor (SPR)*. 2013. <http://www.freeslate.com/products-services/reactors/spr> (Fecha de acceso: 6 de octubre de 2013).

García López, Alexander. *Efecto de la caga metálica en catalizadores NiMo soportados en titanía. Tesis de licenciatura*. México, D.F.: UNAM, 2013.



García, Karol. *Industria química mexicana pierde peso en PIB: ANIQ*. 18 de septiembre de 2012. <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/09/18/industria-quimica-mexicana-pierde-peso-pib-aniq> (Fecha de acceso: 8 de septiembre de 2013).

González García, José Luis, and Nayeli Manza Sánchez. "Apuntes del diplomado: "Actualización en Mercadotecnia Gerencial"." México, 2013.

González, E. R. *La catálisis Ziegler-Natta y sus aplicaciones en la polimerización de olefinas*. 2003. [www.saber.ula.ve/eventos/eventos/.../1-%20EGonzalez%20curso.doc](http://www.saber.ula.ve/eventos/eventos/.../1-%20EGonzalez%20curso.doc) (Fecha de acceso: 23 de Junio de 2013).

Grupo Expansión. *PEMEX y Mexichem formalizan coinversión*. 11 de septiembre de 2013. <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2013/09/11/pemex-y-mexichem-integran-nueva-empresa> (Fecha de acceso: 12 de octubre de 2013).

Grupo Idesa, S.A. de C.V. *Proyecto "Etileno XXI"*. 2013. <http://www.grupoidesa.com/es/content/etileno-xii> (Fecha de acceso: 13 de octubre de 2013).

Haber, Jerzy. "Catalysis- where science and industry meet." (*Pure&Appl. Chem*) 66, no. 8 (1994): 1597-1620.

Hagen, Jens. *Industrial Catalysis: A Practical Approach*. Segunda. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006.

Honeywell International Inc. *Hydrotreating*. 2013. <http://www.uop.com/products/catalysts/hydrotreating/> (Fecha de acceso: 24 de agosto de 2013).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Producto Interno Bruto durante el Primer Trimestre de 2013. Boletín de Prensa Núm. 200/13*. Aguascalientes, México: INEGI, 2013.



Instituto Mexicano del Petróleo. *Línea de negocio de Catalizadores*. 2013.  
<http://www.imp.mx/productos/?imp=PROCESO&%20esp=0202&%20cs=3>  
(Fecha de acceso: 19 de mayo de 2013).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). *La industria química en México 2012. Serie estadísticas sectoriales*. México: INEGI, 2013.

Iquimicas.com Staff Tecnico. *Industrias Químicas – Definición y clasificación*. Enero 3, 2012. <http://www.iquimicas.com/industrias-quimicas-definicion-y-clasificacion/>  
(Fecha de acceso: 15 de julio de 2013).

Izquierdo, José Felipe, and Fidel Cunill. *Cinética de las reacciones químicas (Metodología 16)*. Barcelona, España: Edicions de la Universitat de Barcelona, 2004.

Jacoby, Mitch. "Catalyzing R&D in Mexico." (Chemical and Engineering News) 81, no. 30 (2003): 51-55.

Jatib Khatib, Sheima. *Catalizadores de óxidos de metales de transición (Mo, V, Cr) soportados en  $\gamma$ -alúmina para deshidrogenación oxidativa de propano. Tesis Doctoral*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2007.

Jiménez, Ricardo. *Crisis europea sacudió al mundo financiero en 2011 (Artículo en línea)*. Diciembre 19, 2011. <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas/91758.html> (visitada el 6 de septiembre de 2013).

Kotler, Philip, and Gary Armstrong. *Fundamentos de Marketing*. Octava. México: PEARSON Educación, 2008.

Larraín B., Felipe, and Jeffrey D. Sachs. *Macroeconomía en la economía global*. Segunda. Buenos Aires, Argentina: Pearson Educación, 2002.

Lenzner, Robert. *¿Otra recesión por los altos precios del petróleo?* 3 de septiembre de 2013. <http://www.forbes.com.mx/sites/otra-recesion-%E2%80%8B%E2%80%8Bpor-los-altos-precios-del-petroleo/> (visitada el 5 de septiembre de 2013).



- Mankiw, N. Gregory. *Principios de Economía*. Cuarta. Madrid: Mc Graw-Hill, 2007.
- Marx, Karl. *El Capital. Tomo III*. México D.F.: Siglo XXI, 2006.
- Mercado, Alejandro, and Elizabeth Gutiérrez. *Fronteras en América del Norte: Estudios Multidisciplinarios*. México: UNAM, 2004.
- Mora Holguín, Henry Alfonso. "La producción de nuevo conocimiento sobre catalizadores para refinar petróleo en México y Brasil, medida a través de patentes." *Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato*. 2010. [http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT3/SESION2/MT32\\_HMO\\_RAH\\_054.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2010/MT3/SESION2/MT32_HMO_RAH_054.pdf) (visitada el 22 de julio de 2013).
- Moreno, Inés. *Síntesis de Zeolita TS-1 con porosidad jerarquizada para su aplicación en epoxidación de olefinas*. GRIN Verlag, 2012.
- Parkin, Michael. *Economía*. Sexta. México: Pearson Educación, 2004.
- Porter, Michael E. *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. EE.UU.: The Free Press, 1998.
- ProMéxico: Inversión y Comercio. *IV: TRÁMITES ARANCELARIOS*. 2013. [http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Interactivos/Capacitacion\\_virtual/Formacion\\_integral\\_para\\_exportar/curso4/4-02a.htm](http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Interactivos/Capacitacion_virtual/Formacion_integral_para_exportar/curso4/4-02a.htm) (vistada el 17 de septiembre de 2013).
- Reales, Hernando. *Marketing Industrial*. Octubre 2002. <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/mar/mktindustrialhernando.htm> (vistada el 27 de julio de 2013).
- Redacción T21. *Clariant inaugura nueva unidad de producción en Coatzacoalcos*. Enero 15, 2013. <http://t21.com.mx/general/2013/01/15/clariant-inaugura-nueva-unidad-produccion-coatzacoalcos> (visitada el 12 de octubre de 2013).



- Rodríguez Gregorich, Alicia, and Luis B. Ramos Sánchez. "Catálisis Heterogénea: Preparación de Catalizadores Sólidos." (Tecnología Química) 31, no. 2 (2011): 70-74.
- Rodríguez Rojas, Ricardo. *Propuesta de mejora comercial de una distribuidora de preparaciones enzimáticas para la industria de alimentos en México. Tesis de licenciatura*. México, D.F.: UNAM, 2010.
- Roig, M.G., and F.J. Burguillo Muñoz. "Catálisis." 2010. <http://web.usal.es/~jmcsil/biblioteca/fisicoquimica/capitulo24/parte1.pdf> (vistada el 11 de junio de 2013).
- Sanfilippo, Domenico. "Catalysis: through cultural synergism to the target." *Catalysis Today* (Elsevier B.V.), no. 34 (1997): 261-267.
- . "Catalytic Industrial Processes (e-book sample chapter)." *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. 2003. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c06/e6-190-03-00.pdf> (vistada el 23 de mayo de 2013).
- Secretaría de Economía. *Tratados y Acuerdos Firmados por México*. 2013. <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/comercio-exterior/tlc-acuerdos> (visitada el 17 de septiembre de 2013).
- Secretaría de Energía. *Prospectiva de Petróleo Crudo 2012-2016*. México: SENER, 2012.
- The Freedonia Group Inc. *World Catalysts to 2016 (Study #2989)*. Febrero de 2013.
- United Nations Environment Programme. *Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals*. EE.UU.: GPS Publishing, 2012.
- Univation Technologies, LLC. *History*. 2012. <http://www.univation.com/about.history.php> (visitada el 23 de agosto de 2013).
- W.N.M. van Leeuwen, Piet. *Homogeneous Catalysis. Understanding the Art*. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 2004.



W.R. Grace & Co. *Advanced Refining Technologies*. 2013. <http://www.grace.com/about/businesses/art.aspx> (visitada el 23 de agosto de 2013).

Weitkamp, Jens. "Zeolites and catalysis." (*Solid State Ionics*. Elsevier), no. 131 (2000): 175-188.

Zeolyst International. *About Zeolyst: Partnership*. 2013. <http://www.zeolyst.com/about-zeolyst/partnership.aspx> (vistada el 25 de agosto de 2013).