



Universidad Autónoma Metropolitana

Estructuración de una Comunidad Científica: El Caso de la Catálisis

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN ECONOMÍA Y GESTIÓN
DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

P R E S E N T A

JOSÉ LUIS GIL ESTRADA

ASESOR: DR. RIGAS ARVANITIS HAMELIN

MEXICO, D.F.

JULIO DE 1999

AGRADECIMIENTOS

A Aida mi esposa quien es mi gran apoyo y estímulo, todo mi amor y mi respeto.

A mi hija Atzin Nicole la luz de mi vida

A mis padres Concepción y Luis por su apoyo incondicional en todo momento.

Al Dr. Rigas Arvanitis por su valiosa guía.

A los Maestros Juan Manuel Corona y Carlos Hernández mi más sincero agradecimiento por su invaluable tiempo y esfuerzo dedicado a la lectura y revisión de esta tesis.

Al Dr. Daniel Villavicencio por sus valiosos comentarios, mi admiración y respeto.

A todos mis profesores de la maestría por su dedicación mi más grande agradecimiento.

Al Dr. Hector Luna mi más sincero agradecimiento

A la memoria de mi primo Juan Rodríguez Estrada

INDICE

	Página
Introducción	1
CAPITULO 1. Metodología	5
CAPITULO 2. Marco conceptual	8
2.1 Conocimiento y tecnología	10
2.2 La relación universidad - empresa	13
2.3 La sociología de la ciencia y las comunidades Científicas	17
CAPITULO 3. La catálisis y su importancia económica	23
3.1 La catálisis y su importancia	23
3.2 La catálisis en la refinación y petroquímica	31
3.3 Patentes	33
CAPITULO 4. La comunidad científica en catálisis	36
4.1 El primer grupo de investigación en México	36
4.2 El inicio en la UAM	45
4.3 La segunda generación	46
4.4 Situación actual de la comunidad científica	51
CAPITULO 5. CONCLUSIONES	53
ANEXO	57
BIBLIOGRAFIA	58

INTRODUCCIÓN

El conocimiento, tanto científico como tecnológico, es uno de los insumos esenciales para impulsar los procesos de innovación, ya que es la base para el mejoramiento o el desarrollo de nuevas tecnologías,¹ necesarias para impulsar la competitividad de los sectores industriales en mercados globalizados.²

La importancia de entender el conocimiento científico radica en que involucra dos dimensiones: en un sentido pasivo, se refiere "al stock de saberes de un individuo o grupo en un momento dado"; y en un sentido activo es "la actividad dirigida a la búsqueda de la verdad y por lo tanto al aumento de ese stock de saberes ciertos",³ en este sentido la palabra conocimiento resulta sinónimo de *ciencia*.⁴

El conocimiento activo, o ciencia, es la generación del conocimiento reflexivo y esta "representado por el conjunto de profesionales interrelacionados compartiendo normas, costumbres, principios y recursos dentro de organizaciones formalmente establecidas", a lo que se denomina *institución*.⁵ El conocimiento científico surge dentro de las comunidades científicas mediante asociaciones institucionalizadas que desarrollan y fortalecen esta tarea.

En este contexto, debe señalarse que la generación de conocimiento científico se ha convertido en un objeto específico de estudio en los países desarrollados, pues estos estudios han permitido conocer el potencial científico con el que cuentan. Sin embargo, para los países en desarrollo este tipo de estudios no está muy difundido. Debido a lo anterior, este trabajo se propone efectuar un análisis de la relevancia que tienen las comunidades científicas (CC) en el progreso de la ciencia, así como su relación con los procesos de innovación y el desarrollo de tecnologías, en México.

El objetivo particular de esta investigación es el análisis del proceso que ha

¹ D. Villavicencio, (1991) "Los paradigmas de política tecnológica "J. Mitchell edit.. también OCDE-STI(1997)"National Innovation System", OCDEpublications, Paris.

² G. Dosi y L. Soete (1988) "Technical change and international trade", en G. Dosi, *et al.*, Technical Change and Economic Theory, Pinter Publishers. London., Christopher Freeman(1974)"La teoría económica de la innovación industrial", Alianza Editorial, Madrid., Jean-Jacques Salomon et alii (1996) "Una búsqueda incierta", F.C.E., U.N.U.

³ E. Lamo de Espinosa, José M. González García, Cristóbal Torres Albero (1994) "La sociología del conocimiento y de la ciencia" Alianza Editorial, Madrid, pp., 77-78

⁴ El análisis de esta última dimensión del conocimiento es campo de estudio de la sociología de la ciencia. En este trabajo la categoría *conocimiento* está expresada como la sociología del conocimiento interpreta la ciencia

⁵ E. Lamo de Espinosa, *et al.*, pp., 81-82

dado lugar a la formación de la comunidad científica dedicada al estudio de la catálisis en México, considerando sus orígenes, su situación actual y los determinantes institucionales que han permitido, o limitado su desarrollo y consolidación,⁶ así como el papel que desempeña en el desarrollo tecnológico de los procesos catalíticos.

La importancia de conocer la comunidad científica orientada al estudio de la catálisis, radica en que este proceso químico se encuentra involucrado en aproximadamente el 70% de todos los procesos químicos industriales. La catálisis tiene aplicaciones en la industria química por ejemplo en la hidrogenación de aceites, en la farmacéutica para la fabricación de fármacos (principios activos), en la protección del ambiente por la transformación de gases tóxicos a través de convertidores catalíticos en los automóviles. En la industria del petróleo, de gran importancia por ser la principal fuente de energía que mueve a la economía del país,⁷ los catalizadores se utilizan para llevar a cabo su refinación y obtener combustibles así como diversas materias primas, que permiten obtener productos químicos más elaborados.⁸

La pregunta básica que guía este trabajo es : ¿cómo se conforma la comunidad científica en catálisis en México y su importancia en el desarrollo de tecnologías catalíticas?, a partir de esta pregunta se plantean tres hipótesis:

1.- La investigación científica de alto nivel en el área de catálisis, no puede desarrollarse sin la creación y fortalecimiento de una comunidad científica especializada. Debido a que la catálisis se ha conformado como una ciencia que involucra un alto nivel de conocimientos.

2.- La primera generación de investigadores especializados en el estudio de la catálisis surgió a raíz de la necesidad del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) de contar con tecnología propia, sin embargo su expansión y consolidación tuvo lugar esencialmente dentro de las universidades, particularmente dentro de la Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa (UAM-I).

⁶ La catálisis es un proceso químico que acelera la velocidad de una reacción. Se le considera una rama de la cinética que utiliza técnicas analíticas como la espectroscopia, la resonancia, la cromatografía de gases, la microscopía y recientemente la computación. S. Fuentes, et. al., (1988) "Catalizadores ¿La piedra filosofal del siglo XX?", Fondo de Cultura Económica, en la ciencia desde México, colección.

⁷ E. Montaño (1995) "Industrias y tecnologías químicas", Cuadernos de Posgrado, No. 28, Fac. de Química, UNAM, p 155.

⁸ S. Fuentes, et-al., (1988) *Op. Cit.*

3.- El desarrollo de la tecnología en catálisis hace necesaria la existencia de vínculos permanentes entre la universidad y la empresa. Ya que las universidades generan el conocimiento científico y el IMP genera el desarrollo tecnológico, tomando como base este conocimiento.

La presentación de los resultados de la investigación sobre la comunidad científica que investiga a la catálisis en México, se expone en cinco capítulos; el primer capítulo aborda la metodología utilizada para identificar a las instituciones y los actores. Se menciona el empleo de un cuestionario (apéndice No.2) para identificar algunas características relevantes de los mismos actores y conocer la evolución de la comunidad científica, también se utiliza la información del Banco Nacional de Patentes (BaNaPa) para el periodo de 1972 a 1992, complementando la información con la consulta de tesis relacionadas al tema, información en internet e información proporcionada por el Instituto Mexicano del Petróleo.

En el capítulo dos se presenta el marco conceptual donde se hace una descripción de la relación existente entre el conocimiento y la tecnología, el uso del conocimiento y su importancia económica en los sistemas de innovación; este punto se ejemplifica con dos experiencias de vinculación a nivel nacional. Se exploran las relaciones entre la sociología del conocimiento y la sociología de la ciencia, realizándose una descripción histórica de las diferentes corrientes desde John Desmond Bernal hasta nuestros días. Y la importancia de estos enfoques en el estudio de las comunidades científicas.

En el tercer capítulo se describen los tipos de procesos catalíticos, el desarrollo histórico de la catálisis y su importancia económica e industrial, los procesos catalíticos involucrados en la industria petrolera mexicana, la demanda nacional de catalizadores y finalmente un análisis de las solicitudes de patentes registradas en el periodo de 1972 a 1992 en el BaNaPa, observando la orientación de la investigación por el Instituto en dicho periodo.

En el capítulo cuatro se reconstruye la historia de los actores de la comunidad científica en catálisis en base a las entrevistas realizadas, mencionando el

surgimiento, difusión y fortalecimiento de esta comunidad científica en el Instituto Mexicano del Petróleo y la Universidad Autónoma Metropolitana. Se destaca la influencia de las universidades francesas en la comunidad científica, posteriormente se resalta el programa del IMP para la formación de recursos humanos, especializados en catálisis. Finalmente se hace una descripción de la ubicación de los grupos de investigación en las diferentes universidades y tecnológicos, de la orientación de las investigaciones, así como del número de investigadores participantes.

El capítulo cinco presenta las conclusiones de nuestra investigación destacando los hallazgos más relevantes.

CAPITULO 1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en esta investigación comprende dos aspectos centrales, uno teórico y otro empírico. En el aspecto teórico se explora la relación entre el conocimiento científico y su uso en relación a la tecnología, la trascendencia en la vinculación entre las instituciones generadoras del conocimiento y las empresas. Se hace una síntesis de dos experiencias de relación universidad-empresa como ejemplo del tipo de relación que más se debe difundir en México; para promover el desarrollo tecnológico basado en la investigación científica, así como para la formación de recursos humanos asociados a la problemática de las empresas.

También considera, en esta parte una síntesis de la evolución de la *sociología de la ciencia*, iniciando con John Desmond Bernal y continuando con el iniciador de esta corriente sociológica, Robert Merton, quien establece las normas de la *ciencia*, o sea las normas de las comunidades científicas, concluyendo con la importancia que representa el estudio de las comunidades científicas como generadoras del conocimiento científico.

El segundo aspecto comprende la parte empírica que consta de dos etapas. En una primera etapa se identifican los principales actores que dan origen al primer grupo, o primera generación, de investigación en esta ciencia. Rigas Arvanitis y Christine Fortín postulan que las comunidades científicas una vez constituidas, se reproducen dando lugar a una nueva generación de científicos, para este caso es lo que denominaremos una segunda generación. Esta idea permite realizar un seguimiento estructural de cómo evolucionan y se fortalecen las comunidades científicas.⁹ En este primer acercamiento se detecta una gran influencia de las universidades francesas en la formación de los químicos y físicos, y una influencia de las universidades inglesas en la formación de los ingenieros químicos.

En una segunda etapa se identifican las instituciones donde se realiza investigación

⁹ Arvanitis, R. y Fortín, C. (1997). Configuran a las generaciones de investigadores cronológicamente. En este trabajo se toma en consideración, únicamente, la estructura de primera y segunda generación, considerando a la primera generación la formada en el periodo de 1968 a 1978, en escuelas extranjeras. La segunda generación será la que fue guiada por esta

básica en catálisis, como son: los centros universitarios y tecnológicos ubicados en el Distrito Federal, Baja California, Guanajuato, San Luis Potosí, Zacatecas, Chihuahua, Tamaulipas y Aguascalientes.

Los centros más importantes están dentro del Distrito Federal y son La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), siendo esta última donde se ha desarrollado el núcleo fuerte de la comunidad científica ligada al estudio de la catálisis. Así mismo se identificó al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) como la institución orientada al desarrollo de tecnologías en catálisis para utilizarse en los procesos de refinación y petroquímica.

Dado que el objetivo central de este trabajo es conocer la evolución histórica de la comunidad científica en catálisis, de cómo se fue conformando fortaleciendo y difundiendo, se realizó una serie de entrevistas con diferentes investigadores y funcionarios relacionados con la disciplina, tanto en la Universidad Autónoma Metropolitana como la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Mexicano del Petróleo.

La herramienta básica para realizar las entrevistas fue un cuestionario guía, que permitió obtener información sobre las características académicas y profesionales de los investigadores y, la evolución de la comunidad catalítica en las instituciones.¹⁰ Estas entrevistas se realizaron con investigadores, que han cumplido o que cumplen actualmente puestos directivos o administrativos dentro de las universidades, como jefes de departamento en las áreas de ingeniería química y química, coordinadores de maestría y doctorado en las mismas especialidades, tanto de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) como de la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (UAM-I).

Las entrevistas se realizaron entre Julio de 1997 y Septiembre de 1998, se entrevistaron a 20 investigadores de los cuales 18 tienen grado de doctor y dos el grado de maestría. Todos los doctores desarrollan una intensa actividad en la investigación, sus publicaciones aparecen en revistas internacionales especializadas en la materia, participan en casi todos los congresos internacionales de catálisis y en

primera generación.

proyectos conjuntos con instituciones extranjeras, de países como Francia, Estados Unidos, Argentina, Chile y organismos como la Organización de Estados Americanos.¹¹

En el IMP, se entrevistaron a 4 investigadores de la Subdirección de Transformación Industrial, tanto del área de investigación básica como de investigación tecnológica, quienes cuentan con varios años de experiencia práctica en laboratorio en la caracterización prueba y formulación de catalizadores, participando también en la formulación de patentes y fungiendo actualmente como funcionarios administrativos, desempeñando cargos a nivel gerencial y de dirección

También se entrevistó a un investigador de la Gerencia de Apoyo a la Investigación, quien cuenta con experiencia en catálisis y fue de los primeros investigadores del IMP.

No obstante que las entrevistas se hicieron a los principales investigadores, faltaría por entrevistar a algunos científicos de la misma UNAM tanto del instituto de física como de la facultad de química y a otros investigadores de instituciones foráneas al Distrito Federal para conocer los determinantes que permiten abrir nuevos campos de investigación en estas instituciones.

Conjuntamente a las entrevistas se hizo una revisión de publicaciones especializadas con la finalidad de conocer los procesos petroleros en los que se involucra la catálisis. La información fue entonces complementada con publicaciones, revistas, informes de labores del IMP y trabajos de tesis, que ayudaron a conformar un panorama de la estructura de la comunidad catalítica en México.

Para completar el análisis se procedió a una revisión de las patentes registradas por el IMP en el Banco Nacional de Patentes (Banapa) en el periodo de 1973 a 1992. El objetivo fue conocer la orientación de la investigación que se realizó durante dicho periodo, para determinar la diversificación de dicha investigación.

La forma en que se utilizó toda esta información permitió primeramente identificar las instituciones, los actores y conformar las diferentes etapas por las que transita la comunidad en las diferentes instituciones, conocer algunas de las características de los actores y sus inquietudes. Una de las limitaciones que presenta

¹⁰ Véase Anexo 1

esta forma de investigación por medio de entrevistas es que los actores en ocasiones no dejan observar más allá de lo que su misma experiencia les proporciona, derivando la investigación hacia el terreno donde a ellos les es más conocido o más de su interés. Otra limitación de la entrevista llevada a cabo es que no permite cuantificar o formar un agregado de las características más importantes que nos proporcionen la facultad de conocer la productividad de la comunidad universitaria, a través por ejemplo de la cientometría, de las patentes o de otro tipo de información. La metodología se eligió fundamentalmente para sustentar teórica y empíricamente la estructuración de la comunidad científica.

¹¹ tomado de los curriculum vitae proporcionados por algunos entrevistados.

CAPITULO 2

MARCO CONCEPTUAL

En la actualidad el conocimiento y su acumulación son parte esencial en el desarrollo de tecnologías e innovaciones, fortaleciendo con ello el crecimiento económico de los países.¹² Esta concepción, muy difundida en nuestro tiempo, parte del supuesto de que existe una asociación estrecha entre ciencia, tecnología y crecimiento económico. Sin embargo, no todos los estudiosos del tema coinciden en que históricamente haya existido una estrecha vinculación entre ciencia y tecnología.

Por ejemplo Basalla¹³ señala que el desarrollo tecnológico no siempre ha estado vinculado a la ciencia. Este es uno de los puntos que se analizan en la relación entre ciencia y tecnología y los efectos de esta sobre el desarrollo económico. Otro punto de interés es el aspecto histórico de la sociología de la ciencia, marco fundamental para estudiar a las comunidades científicas.

Este trabajo se inicia con los planteamientos de John Desmond Bernal sobre la organización de la ciencia, dentro del enfoque de la sociología del conocimiento; a continuación se mencionan los fundamentos de la sociología de la ciencia planteados por el iniciador de esta corriente sociológica, Robert K. Merton, quien señala las normas institucionales, de uso universal, que rigen a las actividades científicas y por consiguiente a todo científico. Posteriormente se hace referencia al papel que desempeñó la obra de Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, en los años sesenta, abriendo paso a una nueva *sociología del conocimiento científico* a través de lo que él denomina *paradigmas científicos*. Este último enfoque es aprovechado por Michael Mulkey, formalizando esta nueva tradición que ha prevalecido en la sociología de la ciencia a través de diferentes escuelas, como el *programa fuerte*, los *estudios de vida de laboratorio* y la *sociología de la innovación*. Finalmente se exponen las opiniones de diversos autores que resaltan el estudio de las comunidades científicas, su importancia para el progreso de la ciencia y sus repercusiones sobre el programa científico.

¹² Chris Freeman (1994) "Innovation and Growth", en "The Handbook of Industrial Innovation", editado por Mark Dodgson y Roy Rothwell, editorial Edward Elgar Publishing Limited.

¹³ G. Basalla *op. cit.* p 41.

2.1 Conocimiento y tecnología.

Autores de diferentes disciplinas (historia, economía, sociología) han resaltado que la ciencia y la tecnología, históricamente, surgen en diferentes épocas. La tecnología es tan antigua como la sociedad, mientras que la sistematización de la ciencia como un método aparece entre los siglos XVI y XVII. En la Revolución Industrial Inglesa, mucha de la maquinaria que sirvió para el desarrollo de la industria textil se fabricó sin el apoyo de la ciencia de su época. Es a partir de la segunda mitad del siglo XIX que la ciencia empieza a tener una gran influencia dentro de la industria, la cual continúa y se incrementa en el siglo XX.

En las décadas de los setenta y ochenta, de este siglo, los países altamente desarrollados impulsaron una reestructuración económica e industrial, fortaleciendo sus capacidades científicas y tecnológicas, creando sectores "intensivos en conocimiento", con altas tasas de innovación, debido a lo cual a la ciencia se le considera como el motor del crecimiento económico.¹⁴

Otros autores coinciden que la tecnología contiene diferentes formas de conocimiento,¹⁵ y que los inventos que han llevado a cabo transformaciones radicales en la sociedad son, o bien producto de adaptaciones continuas de prácticas ya conocidas, o del uso del conocimiento científico aplicado para comprender las propiedades del entorno físico.¹⁶

Concretamente, se debe diferenciar a la ciencia y la tecnología¹⁷ pues son dos concepciones distintas; una tiene como productos publicaciones científicas, y la otra se manifiesta en artículos materiales del "mundo ficticio o artefactual".¹⁸

En el ámbito económico, la importancia de la innovación tecnológica se reconoce desde Adam Smith en 1776, pasando por Carlos Marx en 1858, hasta nuestros días, en que la ciencia y la tecnología interactúan estrechamente para

¹⁴ D. Villavicencio(1991)" Los paradigmas de política tecnológica", J Michelli edit., p 100-101.

¹⁵ M. Cimoli, G. Dosi(1994)"De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de innovación", Comercio Exterior, v.44, No.8, Agosto 1994, México.

¹⁶ G., Basalla(1988), Chris, Freeman(1974)

¹⁷Ch. Freeman establece que la "tecnología" es un cuerpo de conocimientos acerca de técnicas. "Innovación técnica", la utiliza para describir la introducción y difusión de productos y procesos nuevos y mejorados, e "innovación tecnológica" la utiliza para describir los avances del conocimiento. (p 22). Véase también la primera parte" el nacimiento de la tecnología relacionada con la ciencia", *ibid.* Véase a Nathan Rosenberg, (1976)" Tecnología y Economía", editorial Gustavo Gili, Barcelona España.

¹⁸ *ibid.*, pp. , 116-128

establecer instrumentos clave en el desarrollo de nuevos productos, procesos y esquemas organizacionales.¹⁹

Ahora bien, si es tan importante la actividad científica así como su integración al sector productivo, entonces también son importantes las instituciones que promueven y desarrollan el conocimiento científico, entre las que se cuentan los organismos gubernamentales, las universidades, los tecnológicos y aquellas instituciones que lo utilizan para desarrollar tecnologías e innovaciones como son los laboratorios de investigación públicos y privados dentro de las empresas.²⁰

De este conjunto de instituciones las que interesan al presente trabajo son las universidades, en las que existen grupos de investigadores que actúan como la "célula motor de la ciencia", es decir las *comunidades científicas*, que son objeto de estudio de la *sociología de la ciencia*, tema que será tratado posteriormente en este capítulo.

Importancia económica de la relación ciencia – tecnología

A través de estudios llevados a cabo por la OCDE, se ha mostrado que la capacidad de innovación de un país, depende de la efectividad con que se realizan vínculos entre instituciones de investigación y empresas para efectuar colaboraciones o investigaciones conjuntas²¹.

Estos vínculos se han medido a partir de los productos de la misma investigación como son las patentes, el patentamiento cruzado, las co-publicaciones, la adquisición de equipos y una variedad de formas que indican altos grados de colaboración técnica, difusión tecnológica y movilidad de personal.²²

Estas relaciones o redes tanto entre empresas, o entre empresas y centros de investigación o redes de investigadores en diferentes instituciones, para realizar

¹⁹ G. Basalla(1988)"La evolución de la tecnología", editorial crítica, España. y Ch.Freeman(1974)"La teoría económica de la innovación industrial", Alianza editorial, España.

²⁰ E. Lamo de Espinosa, J. M. González García, C. Torres Albero(1994)"La sociología del conocimiento y de la ciencia", Alianza editorial, S.A. Madrid, España.

²¹ OCDE(1997), *Op. Cit.*

²²C. Stevens(1997)"Mapping", The OECD Observer, no. 207, Agosto-Septiembre, p.16. Las patentes son uno de los productos de la I-D, que más se ha utilizado como indicador en organizaciones empresariales y en instituciones u organismos a nivel mundial como la OCDE.

labores tecnológicas, forman parte de lo que se ha denominado redes de innovación, ya que son sistemas que posibilitan el aumento de la capacidad innovativa de las empresas en términos de productos, patentes y productividad.²³

C. Stevens (1997) considera que se pueden medir los vínculos en los sistemas de innovación a partir de cuatro tipos de flujo de conocimientos que son de suma importancia, como la I - D en cooperación entre empresas, la interacción entre el sector público y privado, la difusión de tecnología y los movimientos de personal.

De estos cuatro tipos el que interesa más a nuestros propósitos es el de los vínculos entre el sector público y el sector privado, pues es de destacarse que la investigación científica se desarrolla a través del apoyo gubernamental dentro de las instituciones universitarias y centros de investigación públicos, vinculándose en algunos casos con proyectos o convenios con las empresas.

Además de las redes entre instituciones, diversos autores mencionan la necesidad de complementos dentro de la empresa como la investigación y desarrollo (I-D), la transferencia de tecnología, la asistencia técnica; es decir el conjunto de capacidades internas de la empresa que forman parte del aprendizaje tecnológico.²⁴ La difusión tecnológica, a través de procesos informales, también conforma la principal fuente de fortaleza de la empresa para responder a las contingencias del medio.²⁵

Sin embargo lo que se pretende en este apartado es resaltar que en la actualidad, la innovación no se entiende sin instituciones de investigación que conformen a los sistemas de innovación.²⁶ Los cuales permiten conocer la importancia y el papel que desempeñan entidades como el Estado, las escuelas, las universidades, las empresas, los laboratorios de investigación, y en general todas aquellas instituciones que son de importancia para la génesis y la transformación del conocimiento.

En este sentido, los autores más destacados de la economía de la innovación concuerdan en que es necesario acercar los trabajos económicos a los estudios

²³ C. Stevens(1997)"Mapping", The OECD Observer, no 207, Agosto Septiembre. , p. 16.

²⁴ D.Villavicencio, R. Arvanitis(1994)"Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico ", Ét Trimestre económico: 61(2): pp. , 257-279.

²⁵ G.Dosi(1988)"Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation", Journal of Economic Literature, Vol. XXVI(september 1988). , pp.1121-1125.

²⁶ D. Villavicencio *Op-cit.*, p103-104

sociológicos para conocer aún más respecto de las mismas instituciones y su impacto en las innovaciones. Economistas como Freeman, Dosi, Rosenberg, Cimoli entre otros, señalan que se requiere del apoyo de la sociología y específicamente de la sociología de la ciencia, pues en la actualidad parte de la innovación no se entiende sin el conocimiento generado por las instituciones científicas²⁷ y en específico por las comunidades científicas.

2.2 Las relaciones universidad - empresa.

Los países desarrollados actualmente cuentan con una gran tradición en las relaciones entre las universidades y el aparato productivo. Tan importante es esta relación que Candice Stevens(1997) menciona que algunas empresas como las de biotecnología y las de ingeniería confían más en las patentes de las universidades que en las patentes creadas por otras empresas. La autora resalta además que las coparticipaciones entre estas instituciones, universidades y empresas, se han incrementado en países como los Estados Unidos y Gran Bretaña.

Los estudios realizados por diversos autores sobre la relación entre la universidad y las empresas en Latinoamérica, indican que esta relación es diferente a la de los países desarrollados. Por ejemplo, para H. Vessuri (1994), quien ha realizado diferentes estudios sociológicos enfocados al desarrollo de las comunidades científicas en Latinoamérica, afirma que existe un acercamiento entre el conocimiento teórico y el conocimiento práctico, diluyéndose la diferencia que pudiera existir entre ambas formas de conocimiento.

También advierte que las condiciones de trabajo del investigador y la libre difusión de los resultados de la investigación se han modificado, especifica que al darse valor económico al conocimiento científico, este se acumula, se protege y no se difunde. Lo anterior, señala la autora, propicia un comportamiento similar a los que prevalecen en el mercado.

Esta autora resalta que es importante llevar a cabo estudios sociológicos, especialmente los microsociológicos, ya que estos permiten comprender los

²⁷ M. Cimol, *et al.*, *Op. cit.*, pp 674-75.

procesos de la relación universidad - empresa, que ayuden a enfrentar las demandas del sector productivo. En opinión de esta investigadora, en Latinoamérica son frecuentes las universidades tradicionales donde la academia se contrapone con la cultura de la empresa, creándose diferencias en los patrones de colaboración entre estas instituciones. A pesar de que en algunos países de Latinoamérica se ha comenzado a configurar una universidad moderna con una connotación empresarial, este es un proceso que todavía no se asimila.²⁸

Rigas Arvanitis realizó estudios empíricos de la relación universidad-empresa en la Universidad Central de Venezuela, afirma que la eficiencia o ineficiencia que se plantea en esta relación en Latinoamérica, es producto de un esquema en el que se pretende que la investigación científica sea un "proceso o producto acabado", que pueda ser integrado directamente al proceso productivo sin considerar el punto de vista de la empresa.²⁹ Lo anterior ha creado lo que denomina un enfoque de "investigación aplicada" que no permite una cimentación de las relaciones entre la universidad y las empresas generando "innovaciones fallidas".³⁰ El autor destaca que en los casos exitosos de vinculación, las condiciones mínimas en estas relaciones han descansado en tres aspectos:³¹

- Un contexto controlado donde se pueda insertar la universidad
- Un interés previo de parte de los usuarios hacia la investigación
- Relaciones permanentes y de largo alcance entre investigadores e industriales.

Lo anterior se puede ejemplificar con la descripción de dos programas de vinculación universidad – empresa, llevados a cabo con bastante éxito en México. Estos programas han involucrado a empresas del sector privado y diversas instituciones universitarias, que se han traducido en la creación de recursos humanos en investigación científica orientada a la solución de problemas tecnológicos, en un incremento del número de publicaciones y de patentes registradas y, lo más

²⁸ *Ibid.*, pp 66-67.

²⁹ R. Arvanitis(1992)"Innovaciones sin Innovadores", Argumentos Agosto 1993.

³⁰ *Ibid.*, p. 8., pie de pagina. R. Arvanitis al igual que H. Vessun, también plantean la modificación de la conducta de los investigadores ante la fuerte obligación que tienen por crear investigación aplicada.

³¹ *Ibid.*, *Op. cit.*, p.19

importante, en un crecimiento de la productividad de las empresas.

Uno de estos programas es el Doctorado en Ingeniería de Materiales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), el cual toma en consideración las necesidades de las empresas locales y los requerimientos del sistema universitario, su finalidad es que los estudiantes realicen sus tesis de grado en temas vinculados a los problemas o intereses de las empresas (este enfoque se mantiene en algunas universidades extranjeras), lo que les ha permitido crear asociaciones con empresas como: FISA, GALVAK, GAMESA, HYLSA, GRUPO INDUSTRIAL PEÑÓLES y VITROFLEX. Este tipo de programas enlazan la investigación a los problemas industriales y empresariales, creando redes tecnoeconómicas.³²

Otro programa de mayor importancia por la envergadura del número de investigadores, aproximadamente 30, que estuvieron involucrados, fue el denominado "Macroyecto Resistol". Este proyecto fue realizado conjuntamente entre Industrias Resistol y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad de Guadalajara (U. de G.) y el Centro de Investigación en Química aplicada (CIQA).³³

El macroyecto se inicia a partir del interés de Industrias Resistol por fomentar la formación de una red de investigadores para el proyecto, "Funcionalización de mezclas y aleaciones con plásticos de ingeniería vía extrusión reactiva".³⁴ El objetivo era desarrollar polímeros y mezclas poliméricas, para lograr en una sola fase la síntesis del polímero y la etapa de fabricación del producto final, abatiéndose los costos de producción.³⁵ Esta tecnología tenía diez años de estar en funcionamiento en el ámbito mundial. Sin embargo por las deficiencias de la información contenida en las patentes las empresas propietarias de estos derechos mantenían un monopolio, dificultando la reproducción del proceso. Además de que en México era un campo sin explorar.³⁶

En este proyecto participaron la mayoría de los científicos expertos en síntesis

³² J.A. Aguilar (1994) "Vinculación entre universidad e industria: una experiencia provechosa", Comercio Exterior, marzo, pp. 249-252.

³³ R. Arvanitis, G. Dutrenit (1997) "La investigación tecnológica básica: ¿ciencia pública o ciencia privada?", Revista mexicana de Sociología, vol.59, No.3, jul-sept. pp 83-107. y G. Dutrenit *et alii*. (1996) "La vinculación universidad-empresa en un macroyecto de polímeros", Comercio exterior, octubre, pp. 808-816.

³⁴ La *modificación funcional*, es una modificación de las características propias del material como son la dureza y la estabilidad térmica

³⁵ R. Arvanitis *et al.* (1997), *Op cit.*

de polímeros, treinta investigadores confirmados y otros estudiantes de maestría y licenciatura que se incorporan casi al final del proyecto, el setenta por ciento de ellos permanecieron hasta el final del proyecto. Uno de los objetivos del proyecto era identificar áreas prioritarias y la búsqueda de nuevas formas de apoyo para la formación de recursos humanos, con un horizonte de tres años. Para este proyecto se contó con la ayuda financiera del CONACyT y del grupo industrial Resistol (GIRSA), a pesar de que al inicio del proyecto no existía un interés industrial para guiar la investigación.

El proceso de investigación pasó por diferentes etapas tanto de tipo estratégico como económico, que dieron la pauta para indagar diversas áreas de investigación sin perder el objetivo original. En la etapa final del proyecto se planteó la posibilidad de llevar a cabo desarrollos tecnológicos y su comercialización, a lo que se opusieron algunos investigadores. Para la empresa el proyecto represento identificar 18 mezclas poliméricas, con posibilidad de utilizarse en la fabricación de cosméticos, barnices y pinturas, productos químicos intermedios, plásticos y productos para la industria automotriz".³⁷ Las aportaciones fueron:

- El establecer la congruencia entre la definición de políticas científicas y tecnológicas y las necesidades de la empresa³⁸.
- Una mayor interacción e integración del medio científico y tecnológico en el área de polímeros.³⁹
- 30 publicaciones científicas, 50 trabajos de tesis de licenciatura y maestría, la fabricación de disolventes, la extrusión reactiva del ABS⁴⁰ con ácido maléico, y funcionalizar cualquier tipo de resina, mejorando sus propiedades. Quizá uno de los logros más importantes fue crear las capacidades y habilidades de los integrantes, ubicándolos en la frontera del conocimiento siendo que tres años antes tenían un retraso de 10 años.⁴¹

³⁶ *Ibid.*, p., 90

³⁷ G. Dutrenit (1996) *et alii.*, *Op. cit.*, p., 812

³⁸ R. Arvanitis (1997), *Op. cit.*, pp., 92-96.

³⁹ G. Dutrenit (1996). *Op. cit.*, p., 814

⁴⁰ Acilonitrilo-butadieno-estireno, es un polímero que mezclado con otros plásticos permite obtener productos finales como tuberías, juntas, revestimientos para puertas de refrigeradores y partes moldeadas de autos. S. Chow(1987), *Op. Cit.*, p.114.

⁴¹ *Ibid*

Ambos programas representan esfuerzos por vincular la universidad con el sector productivo a distintos niveles. En el primer caso para la formación de recursos humanos, y en el segundo para el desarrollo de investigación tecnológica y eventualmente también la formación de recursos humanos.

Estos son dos ejemplos de experiencias que deben fomentarse con la finalidad de conjuntar intereses científicos e industriales en el desarrollo de tecnologías. De lo anterior se puede observar la convergencia de nuevas disciplinas, con nuevas interrogantes que en nuestro país aún no han sido desarrolladas.

2.3 La Sociología de la Ciencia y las Comunidades Científicas

En esta sección se explora la relación existente entre la sociología del conocimiento y la sociología de la ciencia, así como su conexión con las comunidades científicas.

La *sociología del conocimiento*, se dedica a indagar las variables que dificultan o favorecen la construcción o surgimiento del conocimiento, su objetivo es encontrar las causas sociales de algún tipo concreto de conocimiento.⁴² Una subdivisión de la sociología del conocimiento es la *sociología de la ciencia*, la cual estudia a la ciencia histórica e institucionalmente.⁴³

La *sociología de la ciencia* contempla a la ciencia en un "sentido activo" como una *institución*, y la define como un conjunto de profesionales vinculados en organizaciones determinadas y disponiendo de recursos concretos, es decir se define a la comunidad científica.⁴⁴ A continuación se describe la evolución histórica de la *sociología ciencia*, en virtud de que esta línea servirá de base conceptual al presente trabajo.

En 1939 John Desmond Bernal publica su obra "*The Social Function of Science*", en la cual establece los cimientos de lo que posteriormente se denominó, "la Ciencia de la Ciencia".⁴⁵ La obra de Bernal reviste particular importancia en virtud que

⁴² E. Lamo de Espinosa, et alii. , (1994) *Op. Cit.* p., 19.

⁴³ *Ibid.*, p., 81

⁴⁴ *Ibid.* , pp.82

⁴⁵ Hebe M.C. Vessuri, *Op. cit.* ,p 57.

elabora un estudio empírico de la organización de la ciencia en Inglaterra y en otros países,⁴⁶ a partir de la información existente en su tiempo, Bernal logra observar la organización de la ciencia, su eficiencia y el papel que desempeñaba en la guerra. Bernal crea un análisis de las formas para mejorar la ciencia, considerando aspectos como los recursos humanos, materiales y económicos, así como su función social. En ese documento argumenta que la traducción del conocimiento científico en nuevas tecnologías enfrenta obstáculos que emergen de factores externos a la propia investigación.⁴⁷

Paralelamente pero desde otra perspectiva Robert K. Merton, sin duda una de las figuras más importantes, publica su obra "Science, Technology and Society" y establece los cimientos de la actual sociología de la ciencia. Este investigador efectúa el estudio considerando a la ciencia como una institución social, dejando de lado los problemas epistemológicos propios de la sociología del conocimiento.⁴⁸

Merton logra hacer convergentes dos corrientes sociológicas, la variante europea (*sociología del conocimiento*), que se ocupa de los productos de los intelectuales ya sea en ciencia, filosofía o pensamiento económico, sin llegar a corroborarlos. Así como la variante americana (*sociología de la comunicación de masas*), que atiende a la corroboración de sus afirmaciones estudiando las creencias y opiniones personales sin considerar el conocimiento. Merton logra hacer converger ambos enfoques, conciliando los antagonismos propios del rigor de un enfoque y la amplitud del otro. La trascendencia de las tesis Mertonianas es que surgen en un contexto donde la interpretación típica de la historia de la ciencia se debate en una dicotomía externalista / internalista. Este autor logra una solución al aseverar que las condiciones sociales (externas) plantean las grandes problemáticas además de definir el ritmo del progreso científico, en las que la ciencia se interesa, y las cuestiones específicas de la investigación son debido a "procedimientos (internos) del *corpus* científico".⁴⁹

⁴⁶ Chris. Freeman, *Op. Cit.* p 22.

⁴⁷ Hebe M.C. Vessuri (1994) "Sociología de la ciencia: enfoques y orientaciones", en E. Martínez (eds). Nota: Los factores externos son el abuso del poder político o económico, la avaricia individual entre otros.

"Ciencia, Tecnología y Desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas", Caracas. Nueva Sociedad&UNU/CEPAL/UNESCO/CYTED. , pp. , 57-58

⁴⁸ E. Lamo de Espinosa et alii. *Op. Cit.*, p.461.

⁴⁹ *Ibid*, pp., 460-464. La visión externalista de la ciencia, da cuenta de que el progreso científico de la ciencia moderna se debe a condiciones (socioeconómicas, políticas, culturales) externas al trabajo de los investigadores, mientras que la visión

Sobresale en su obra la identificación de los factores del quehacer científico al establecer el *ethos*⁵⁰ característico de la ciencia, en la línea del funcionalismo clásico. Esas normas, según Merton transforman a la actividad científica en una institución social particular: *la comunidad científica*. Según este autor la ciencia se estructuraría a través del reconocimiento a la labor del investigador, pues es el mecanismo que incentiva a publicar y mantener a la ciencia como actividad pública, logrando que se mantenga el progreso científico.⁵¹ Así aborda los imperativos institucionales, normas, que imperan en la comunidad científica e intervienen en la estructuración social desde la perspectiva del reconocimiento.⁵²

Las ideas de Merton tuvieron gran influencia en otros investigadores hasta los años setenta, así por ejemplo una discípula de este autor, Harriet Zuckerman⁵³ se dedicó al estudio de los mecanismos sociales que gobiernan la distribución de reconocimientos. Se puede observar que las normas institucionales que señala Merton no se confunden con las normas que rigen a una organización en particular, en especial a las universidades. En este sentido, según esta escuela sociológica, las normas que rigen a las actividades científicas son universales y por lo tanto se aplican a todo científico en todo tipo de institución.

A partir de la década de los sesenta se inicia bajo la influencia de la obra de Thomas S. Kuhn, "La estructura de las revoluciones científicas", una reorientación de los objetivos de la sociología de la ciencia dando paso a lo que se ha denominado como una nueva *sociología del conocimiento científico*. De inicio, Kuhn incorpora los ciclos de vida de los grupos o comunidades científicas a los ciclos de vida de las teorías, definiendo los *paradigmas* y las *revoluciones científicas*, como un fenómeno social y científico involucrando tanto a las teorías como a las comunidades científicas.⁵⁴ Diez años después Michael Mulkay aprovecha el potencial explicativo de la obra de Kuhn. Mulkay establece que el enfoque institucional de Merton no es *social* sino *cognitivo*,⁵⁵ explica que la conformidad en la vida científica no se debe a

Internalista plantea que el progreso se debe a factores estrictamente cognitivos, ligados al quehacer del investigador.

⁵⁰ Comunismo, Universalismo, Desinterés, Escepticismo Organizado.

⁵¹ Hebe M.C. Vessuri (1994), *Op. Cit.*, p., 57-58

⁵² E. Lamo de Espinosa et alii. *Op. Cit.*, pp., 474-475.

⁵³ *Ibid*, p 479

⁵⁴ Hebe M.C. Vessuri (1994), *Op. Cit.*, p 63.

⁵⁵ *Ibid*, p.472,515-519.

las normas y valores sociales planteadas por Merton, sino son debidas al *corpus* de conocimiento que un grupo científico sustenta. Mulkay, bajo este esquema prefiere denominar *norma técnica y cognitiva* lo que Kuhn denomina *paradigma*, y define que la *norma técnica* caracteriza empíricamente el grado de conexión entre las concepciones básicas que mantienen las comunidades científicas, mientras que la *norma cognitiva* atiende a los mecanismos sociales que intervienen en el mantenimiento o emergencia de las ideas sociales.

Mulkay, a partir del enfoque de Kuhn, se separa del planteamiento de Merton e inicia una nueva tradición, la *sociología del conocimiento científico*.⁵⁶ Esta corriente sociológica ha prevalecido a través de la sociología de la ciencia en diferentes escuelas como: el *programa fuerte de la sociología*, *los estudios de vida de laboratorio* y *la sociología de la innovación*⁵⁷.

Lo más importante a destacar de la discusión anterior es que a partir de un punto de vista funcionalista o cognitivo, interno o externo, la constitución de las comunidades científicas no pierde importancia, pues cumplen un doble papel. En primer lugar *comunicar* a través de la difusión de sus descubrimientos, a nivel nacional e internacional, lo que mantiene el progreso de la ciencia. En segundo lugar de *reglamentar* el comportamiento de su comunidad, a través de diversos mecanismos como el intercambio académico, la validación de ascensos o actuando como jurados etc.⁵⁸

Bajo este esquema Jacques Gaillard⁵⁹ ha definido a las comunidades científicas en dos sentidos. En un sentido amplio como el grupo de científicos que comparten las mismas actitudes, normas y valores. En un sentido estrecho como la caracterización de un grupo de científicos activos en un campo específico de la ciencia.⁶⁰ Este autor realizó un conjunto de estudios empíricos, encontrando que no todos los países en vías de desarrollo cuentan con una comunidad científica

⁵⁶ No se trata de una escuela única: se pueden mencionar por ejemplo los enfoques fuertemente divergentes entre la sociología constructivista, el programa fuerte que es abiertamente relativista, o la escuela de los actores-red.

⁵⁷ Hebe M.C. Vessuri (1994), *Op. Cit.*, p., 65-67.

⁵⁸ Jean-Jacques Salomon (1994) "La ciencia y la tecnología modernas", en "Una búsqueda incierta", universidad de las Naciones

Unidas, FCE. (1996), p 54.

⁵⁹ J. Gaillard (1994) "El comportamiento de los científicos y de las comunidades científicas ", en "Una Búsqueda Incierta", *Op. Cit.*, pp 238

⁶⁰ *Ibid.*

completamente desarrollada, también destaca que son pocos los estudios que se llevan a cabo en los países en vías de desarrollo para consolidar evidencias que muestren la institucionalización de estas comunidades. De acuerdo a este autor algunas de las características más importantes de las comunidades científicas son: La profesionalización del científico dentro de la sociedad.

- La legitimación de la comunidad científica a partir de la creación de asociaciones.
- El origen de los investigadores.
- Tipo de publicaciones nacional o internacional.
- Tipo de bibliografía utilizada.
- Su formación de posgrado.
- Su permanencia o fuga del país.
- El estatus económico al que deben o pueden aspirar.
- La selección de temas.

J. Gaillard considera que estas características son de gran trascendencia en la formación de identidades nacionales, así como en la producción y el avance del conocimiento científico asociado.

Las observaciones realizadas por J. Gaillard son acordes con los resultados obtenidos en investigaciones realizadas por Rigas Arvanitis entre las comunidades científicas de los países en desarrollo, en el sentido de que las universidades y los institutos tecnológicos han sido las instituciones científicas que más promueven y permiten la génesis, el fortalecimiento y la consolidación de las comunidades científicas. Las universidades están orientadas hacia la investigación, conforman el medio más favorable para la creación de científicos y por consiguiente para la reproducción de las comunidades científicas.

La importancia de las comunidades científicas radica principalmente en que son estas quienes conocen su entorno, sus fronteras y sus fuentes de financiamiento, conocen el manejo de los contenidos científicos, la identificación de las instituciones donde pueden laborar o encontrar las coincidencias o rechazos en cuanto a los mismos contenidos.

Pero lo más trascendente es que si la acumulación y generación del

conocimiento desempeña un papel de gran importancia en las actividades productivas, a tal grado que se le ha denominado "el eje motor del crecimiento", entonces las comunidades científicas son quienes mantienen "el motor" de las economías desarrolladas.

CAPITULO 3

LA CATÁLISIS Y SU IMPORTANCIA ECONOMICA

A continuación se realiza un esbozo histórico de la evolución de la catálisis en México. Se destaca en este capítulo los tipos de catalisis existentes, su importancia económica, se describen los procesos catalíticos más importantes en la refinación del petróleo, y se concluye con un análisis de las solicitudes de patentes del Instituto Mexicano del Petróleo registradas en el Banco Nacional de Patentes (BaNaPa), durante el periodo 1972 –1992. El objetivo de este último apartado es identificar la tendencia de la investigación que desarrolla esta institución.

3.1 La Catálisis y su Importancia

La catálisis es un proceso químico que involucra un conjunto de procedimientos y conocimientos que permiten que se acelere la velocidad de una reacción.⁶¹ Ante esta condición, se le considera como una rama de la cinética química (estudio dinámico de las reacciones químicas al nivel molecular).⁶² El catalizador es aquella sustancia o compuesto que altera el mecanismo de reacción y la velocidad total de ésta, regenerándose en el último paso.

En la década de los noventa, la catálisis se considera como una ciencia, ya que involucra diversas disciplinas científicas como la cinética química, la física de superficies, la físico - química, la ingeniería química, la química orgánica, la física del estado sólido y la ciencia de materiales⁶³.

Los procesos catalíticos, de acuerdo a la naturaleza del catalizador, se pueden clasificar en químicos y enzimáticos. A su vez estos se dividen en catálisis homogénea y catálisis heterogénea de acuerdo a la fase en que se encuentren tanto los reactivos como el catalizador. Estos tres tipos de catálisis se describen a continuación.

⁶¹ La palabra *catálisis* proviene de las raíces griegas *kata* que significa disminución y de *lysis* que significa romper.

⁶² S. Fuentes *et-al.* p., 13.

⁶³ *Ibid.* pp., 17-18

a) La Catálisis Homogénea

La catálisis homogénea es un proceso químico en el cual el catalizador y los reactivos involucrados se encuentran en la misma fase, que puede ser, líquida o gaseosa. La catálisis homogénea tiene aplicaciones en procesos industriales importantes, sobre todo en la fabricación de polietileno, ácido acético, polibutadieno, óxido de propileno, ácido tereftálico y fibra poliéster. También se utiliza catalisis homogénea en procesos de transformación de hidrocarburos y en la farmacéutica para la síntesis de compuestos orgánicos.⁶⁴ Uno de los problemas que enfrenta este tipo de catálisis es la dificultad para separar el catalizador del medio de reacción.

b) La Catálisis Heterogénea

En este tipo de proceso el catalizador se encuentra en una fase diferente a la fase de la mezcla de reacción, lo más común es que los componentes se encuentren en fase sólido-líquido, en este caso se toman en cuenta las propiedades fisico-químicas de la superficie del sólido que se utiliza como catalizador. Los sólidos utilizados por lo general son metales de transición, conductores y semiconductores, aislantes y algunos compuestos ácidos.⁶⁵ Este proceso es el de más bajo costo ya que presenta mayor facilidad para separar el catalizador de la mezcla de reacción, se utiliza esencialmente en forma comercial en la refinación del petróleo y en la petroquímica.

c) Catálisis enzimática

La catálisis enzimática se realiza por medio de proteínas denominadas enzimas, son los catalizadores más antiguos y a la vez también los más modernos, son catalizadores biológicos con especificidad en su funcionamiento.

La velocidad de reacción es mayor en sistemas diluidos y operan en un rango muy limitado de pH, a temperaturas menores de 50°C para no perder su actividad.

⁶⁴ S. Fuentes, G. Díaz (1988) "Catalizadores ¿la piedra filosofal del siglo xx?"; La ciencia desde México, colección SEP, CONACYT, FCE., pp.28.

⁶⁵ *Ibid*, pp.45-46

Entre sus aplicaciones se encuentran las fermentaciones, la adición de enzimas proteolíticas a detergentes (ayuda a la biodegradación), en el tratamiento de aguas residuales, para la producción de fructuosa y de penicilina, así como de diversos compuestos orgánicos.⁶⁶

Actualmente existe una variedad de catalizadores a base de materiales como metales, semiconductores, aislantes, ácidos, bases, complejos de metales de transición, enzimas, etc., para una gran diversidad de aplicaciones como son la hidrogenación, deshidrogenación, desulfuración, polimerización, etc.

d) Evolución histórica

La catálisis se inicia desde la fermentación del vino aproximadamente unos cinco mil años antes de Cristo. John Roebuck químico consultor, descubre en 1746 un catalizador que permite efectuar la oxidación para obtener la materia prima del ácido sulfúrico, que era importante para la metalurgia en esa época. Posteriormente en el año de 1817, se realiza otro descubrimiento catalítico por H. Davy, empleando el alambre de platino, proceso que se utilizó para la fabricación del encendedor de Doebener que tuvo un gran impacto comercial al venderse un millón de piezas. En 1836 J. Berzelius realiza diversos trabajos sobre catálisis y es el primero en conceptualizar los términos como *catálisis*, *catalizador* y *fuerza catalítica*.

En 1868 se registra la primera patente para un catalizador heterogéneo utilizado comercialmente en el proceso denominado Deacon⁶⁷. En 1902 con el endurecimiento de grasas por hidrogenación se tienen las primeras reacciones catalíticas orgánicas. En 1920 se publica el primer libro sobre catálisis escrito por Paul Sabatier. También en este mismo año inicia la Standar Oil la petroquímica.

A partir de 1925 se inician las aplicaciones catalíticas a los procesos de refinación y petroquímica, iniciados por Eugenio Houdry y en 1936 se introduce en esta industria el proceso de desintegración catalítica en lecho fijo.

La Standar Oil en 1942 arranca la primera planta de desintegración catalítica en lecho fluidizado, que desde entonces se utiliza en todo el mundo.⁶⁸

⁶⁶ H. Wittcoff (1993) "Productos Químicos orgánicos Industriales", LIMUSA, Vol.1.

⁶⁷ El cloruro de hidrogeno del proceso Leblanc se oxida a cloro.

⁶⁸ E. Montaño, *Op. cit.*, p 61.

Durante la segunda guerra mundial se realizan una serie importante de descubrimientos, entre los más sobresalientes se encuentran el catalizador de función doble para la hidrogenación/deshidrogenación, el catalizador de óxidos-metálicos para obtener el poliestireno de alta densidad.⁶⁹ En 1950 se inicia la aplicación de materiales silico - aluminatos cristalinos (Zeolitas o ceolitas), logrando desplazar a otros catalizadores en el proceso de refinación del petróleo. Para el año de 1955 se descubre el proceso Ziegler-Natta para obtener un polímero lineal de alto peso molecular. Durante la segunda mitad de la década de los setenta se incrementa considerablemente el estudio de los fenómenos catalíticos, debido a las leyes emitidas en los Estados Unidos para el control de las emisiones contaminantes.

Entre los procesos más utilizados en la industria se encuentran aquellos involucrados en la transformación química del petróleo, pues el 90% de estos procesos implican catalizadores.

En México en el año de 1965, los catalizadores utilizados en la refinación del petróleo eran de importación, como lo siguen siendo, además que se desconocían las formulaciones. También parece que el estudio científico de los procesos catalíticos no estaba integrado en esa época en nuestras universidades.

e) Importancia económica

La catálisis se encuentra presente en aproximadamente el 70%⁷⁰ de los procesos químicos industriales⁷¹, lo que permite su aplicación en la transformación de materias primas baratas en productos de alto valor agregado. Sus principales aplicaciones se encuentran en la Industria Química, en la Farmacéutica, en la protección Ambiental y una de la más importantes en la refinación del Petróleo.

Desde el punto de vista económico, según estudios realizados por el gobierno de los Estados Unidos y Europa, la catálisis es de suma importancia ya que estiman que entre un 20% y un 30% del PIB de los países desarrollados, proviene de la aportación directa por la aplicación de la catálisis en los procesos industriales.⁷²

⁶⁹ Harold. A. Wittcoff(1993)"Productos químicos orgánicos industriales", LIMUSA, p. 241-260.

⁷⁰ Ana Marisela Maubert Franco(1991)"Catálisis y Catalizadores" editorial de la revista de la Academia de Catálisis, ACAT, A.C., vol.1, no. 1, noviembre de 1991.

⁷¹ Ibid, citando a S.J. Pajares y a A.M. Klibanov

⁷² Ian E. Maxwell, director de Shell Research Amsterdam, citado por Joseph Haggin(1996)" Cross disciplinary Strategies

Esta aseveración en base a estudios realizados por el gobierno de los Estados Unidos, ya había sido establecido por el informe Pimentel para este país en 1984.⁷³

En México según Sergio Fuentes, hasta 1988 la aportación de la industria química al PIB era de un 10.1%, descendiendo hasta un 4% en 1994. Lo anterior el autor lo atribuye a la apertura del país al libre comercio conjuntamente con una falta de inversión a largo plazo.⁷⁴ Es un hecho innegable que la industria petrolera mexicana tiene un papel decisivo en la economía, no solo por la cantidad de materias primas que se obtienen del petróleo, sino también por la generación de energía y de divisas.⁷⁵ De acuerdo a un estudio realizado por el Grupo Financiero Inverlat, en 1995, los recursos generados por la venta del petróleo representaban el 35% de los ingresos del gobierno federal mexicano el más alto en los últimos diez años.⁷⁶

Desde el punto de vista industrial los hidrocarburos son la materia prima de la industria química orgánica, pues se considera que aproximadamente un 90% (en peso), de los productos orgánicos, contienen esta materia.⁷⁷

La industria química depende en gran parte de los insumos derivados del petróleo como se puede apreciar en la figura 3.1, donde se observan algunos de estas materias primas, estas se logran a partir de utilizar procesos catalíticos, útiles en la fabricación de fibras sintéticas, plásticos, resinas, fertilizantes, insecticidas, herbicidas, aditivos para alimentos, fármacos, órganos artificiales, prótesis dentales, llantas, alcohol para vinos, complementos alimenticios para ganado, hule sintético, inhibidores de corrosión, tintas para imprenta, adhesivos, lacas, perfumes, saborizantes, películas fotográficas, jabones y detergentes, aditivos y aceites, polímeros, etc.⁷⁸

Shifter y Bosch(1995)⁷⁹, brindan un ejemplo de la importancia del petróleo como fuente de energía para la producción de alimentos, mencionan que se requiere del consumo de 600 litros de gasolina, para hacer producir una hectárea de maíz.

Leading to Advances in Catalytic Technology", *Chemical and Engineering News*, Vol.74, No.32. Agosto, p 26.

⁷³ Ana Marisela Maubert Franco, *Op. Cit.*

⁷⁴ S. Fuentes (1997) "La Catálisis en México", *Boletín de la A.C.A.T. a.c.*, Vol.5, No. 1.

⁷⁵ S. Fuentes, *et al.* (1988), *Op. cit.*

⁷⁶ Grupo Financiero Inverlat(GFI)-1998, p6-7.

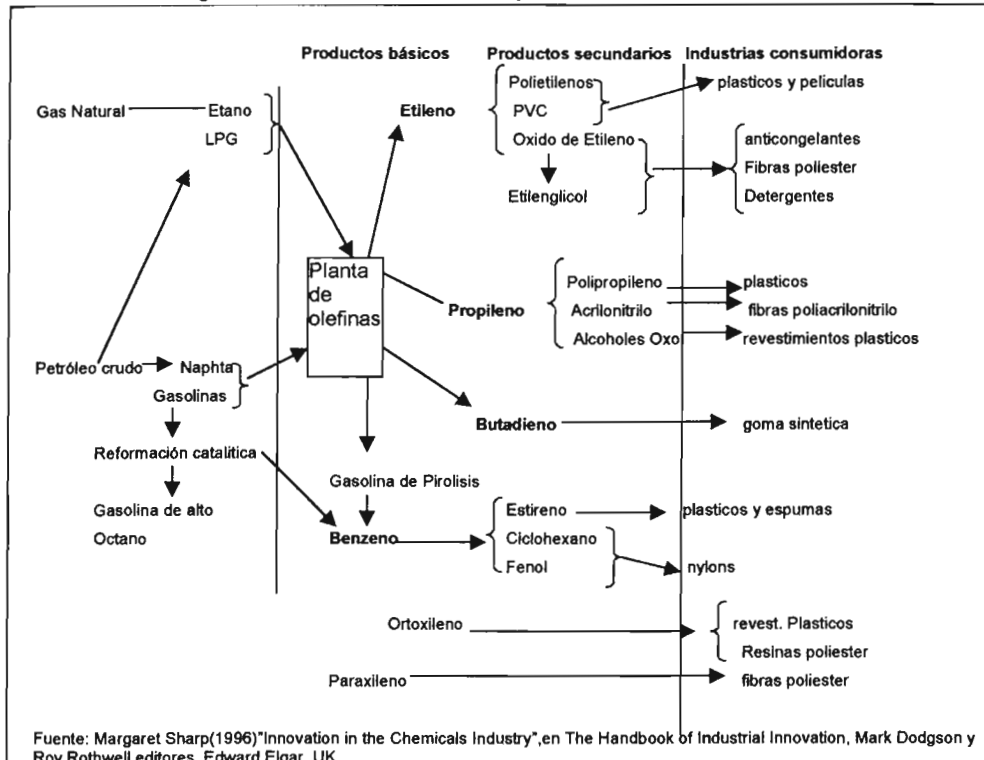
⁷⁷ E. Montaño(1995), *Op. Cit.*, p. 161.

⁷⁸ S. Chow (1986) "Petroquímica y Sociedad", la ciencia desde México, SEP, CONACYT, FCE.

⁷⁹ P. Bosch, I. Schifter, (1995), *Op. cit.*

Estos autores también señalan que en el año de 1988 se procesaron por el método de desintegración, aproximadamente 9 000 000 de barriles de petróleo diariamente en el mundo empleándose 295 000 tons. anuales de catalizador⁸⁰. En nuestro país el consumo de catalizadores en ese año fue de aproximadamente 10,000 tons. anuales de catalizador para procesar 260 000 barriles diarios,⁸¹ lo que proporciona una idea de la importancia que representa el catalizador.

Figura 3.1 Refinación de petróleo



⁸⁰ *Ibid.*, pp., 70-72

⁸¹ *Ibid.* ,p., 72

A nivel mundial, la tecnología catalítica es una industria que está concentrada en Japón, Estados Unidos y Francia. Por ejemplo, las ventas de catalizadores en la industria estadounidense en 1993, fue de 8 000 millones de dólares, lo que brinda una idea de la magnitud del mercado⁸². Los principales proveedores para nuestro país son las compañías Grace, Engelhard, United Catalysts, Akzo, Alcoa, Criterión, Intercat, UOP, IFP, UCI, Acreon⁸³.

PEMEX-Refinación y Pemex- Petroquímica compraron en 1991 catalizadores por 25.1 millones de dólares a empresas extranjeras y 10.7 millones de dólares a empresas establecidas en México. Este mercado lo constituían 13 compañías extranjeras que fabricaban 25 catalizadores y empresas como Almexa, Química Flúor, Cuproquim, Hexaquimia, Pennwalt que fabricaban 8 catalizadores.⁸⁴

PEMEX adquirió, en el período de 1976 a diciembre de 1997, 48 545 toneladas de catalizadores a compañías extranjeras, lo que representó un monto de 145.972 millones de dólares.⁸⁵

En el año de 1997, se destinaron para la refinación 17177 toneladas de catalizador, lo que representó un mercado de 59.6 millones de dólares. De esta cifra, el 29.7% fueron catalizadores formulados por el IMP. lo que representa 5101.569 toneladas, estas adquisiciones han sido mediante asociaciones tecnológicas.

En este punto se debe resaltar que a partir de 1994 la forma de operar de las empresas de especialidades, en este caso las productoras de catalizadores, de los Estados Unidos, se convirtieron en vendedores de servicios realizando alianzas tecnológicas con sus clientes, conjuntando esfuerzos en función de sus fortalezas. Logran involucrarse íntimamente con el usuario especialmente con el departamento de I-D, para determinar las características del producto deseado.⁸⁶

En la gráfica 3.1 se puede apreciar que Engelhard es la compañía que tiene el mayor monto de ventas, y en la gráfica 3.2 se aprecia que el proceso de

⁸² E. Montaña *Op. Cit.*, p., 101

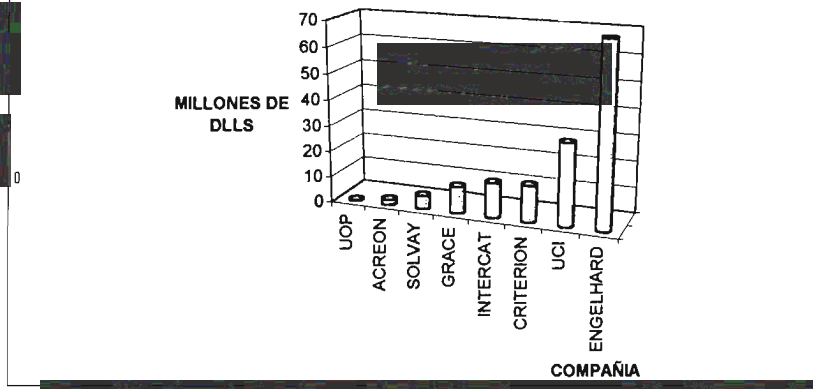
⁸³ Gerencia de Catálisis.IMP

⁸⁴ S. Botello (1991) " la demanda de catalizadores en la industria Química", *Revista de la ACAT*, AC.vol.1, No.1 Noviembre 1991.

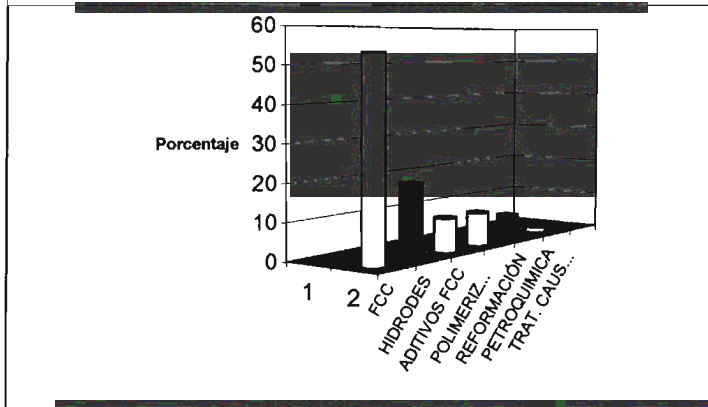
⁸⁵ Gerencia de Catálisis, IMP. a precios de 1997.

⁸⁶ " Los fabricantes de catalizadores, firmas de ingeniería y productos químicos, ya no conocen fronteras, se convierten en vendedores intensivos en servicios, al crear alianzas para conjuntar esfuerzos en función de sus potencialidades". *Chemical Engineering*, July 1994. Vol.101,no.7 pp., 125-126.

Gráfica 3.1 VENTAS CATALIZADORES POR FABRICANTE



Gráfica 3.2 VENTAS DE CATALIZADORES POR PROCESOS.



desintegración catalítica (FCC), es el que utiliza el mayor porcentaje de catalizadores, en el período 1976 a 1997.

3.2 La catálisis en la Refinación y Petroquímica.

El petróleo crudo es sometido a una primera separación por destilación para obtener productos volátiles, obteniéndose: hidrocarburos gaseosos (metano y butano), gasolina ligera, gasolina pesada o nafta, kerosina, gasóleo ligero y gasóleo pesado. Estos productos primarios no reúnen las condiciones necesarias para ser utilizados directamente como materias primas, por lo que se someten a diversos procesos de refinación, de los cuales el 90% son catalíticos.⁸⁷ (ver figura 3.1)

Los procesos catalíticos más utilizados son:⁸⁸

Desintegración (FCC).- permite la transformación molecular por medio del rompimiento de enlaces en las moléculas.

Reformación de Gasolinas.- proceso utilizado para aumentar el rendimiento de las gasolinas y su número de octanos. Con ciertas variantes en el proceso y diferente catalizador se obtienen benceno, tolueno y xileno (BTX)

Hidrotratamientos.- proceso utilizado para eliminar impurezas como azufre, nitrógeno, oxígeno y níquel o vanadio.

Hidrogenación-deshidrogenación.- Procesos para obtener olefinas.

Oxidación.- proceso que permite la obtención de aldehídos, alcoholes, cetonas, peróxidos y óxidos a partir de olefinas y compuestos aromáticos.

Alquilación.- implica reacciones para obtener hidrocarburos que permiten elevar el índice de octano de la gasolina.

Isomerización.- proceso para modificar la posición de los átomos de un compuesto, de tal forma que en la refinación se obtenga un producto de mayor octanaje.

Los catalizadores que adquiere Pemex para la refinación se utilizan en los procesos de hidrotratamiento, reformación de naftas, desintegración (FCC),

⁸⁷ S. Fuentes(1988), *et al.*, *Op. cit.*

⁸⁸ *Ibid.*, pp. , 69-92

tratamiento cáustico y polimerización.⁸⁹ Estos catalizadores son fabricados bajo convenio con socios tecnológicos, como se mencionó anteriormente. El IMP propone la formulación a escala piloto y el fabricante con su experiencia e infraestructura escala y fabrica el producto.⁹⁰

Los socios tecnológicos del IMP mantienen una sólida presencia comercial entre las compañías Químicas de los Estados Unidos pues se encuentran ubicadas entre las cien primeras empresas, por ejemplo para el año de 1995 Engelhard tuvo ventas anuales de 978 millones de dolares ubicándose en el lugar 56 y las ventas de Grace fueron de 3200 millones de dolares colocándose en el lugar 16.⁹¹

Actualmente el IMP suministra varias formulaciones para diversos procesos, como se observa en el cuadro 3.1.⁹² Por ejemplo para el proceso de hidrotratamiento, el 100% de los catalizadores utilizados son formulación IMP, para el proceso de reformación de nafta el 46.7 % de las adquisiciones son formulaciones IMP.

Procesos con formulaciones catalizadores IMP

PROCESO	PORCENTAJE DE FORMULACIÓN IMP PARA EL PROCESO
Hidrotratamiento	90
Reformación Naftas	46.7
F.C.C.	56.7
Tratamiento Cáustico	11.4
Polimerización	100

FUENTE: Gerencia de Catálisis, IMP.

Cuadro 3.1

Esta capacidad para desarrollar formulaciones catalíticas se ha logrado obtener a través de la experiencia de 31 años de creado el grupo de investigación en catálisis dentro de la institución.

⁸⁹ IMP, Gerencia de Catalisis.1997

⁹⁰ Chemical Engineering, *Op. Cit* pag.125-126.

⁹¹ C&N.1995"Top 100 Chemical Producers", Chemical and Engineering News, May. Internet.

⁹² IMP, Gerencia de Catalisis.1998

3.3 PATENTES

En 1997 el IMP reporta contar con 93 solicitudes de patente, sin establecer el período en el que fueron hechas estas solicitudes, de las cuales cincuenta han sido concedidas y el resto está en proceso de aceptación,⁹³ con el fin de proteger sus descubrimientos.

A continuación se hace un análisis de las solicitudes de patente del IMP, registradas en el banco de datos del Banco Nacional de Patentes para el período 1972-1992, con la finalidad de conocer cual ha sido la orientación de la investigación del IMP en dicho período. Se destaca que el Instituto Mexicano del Petróleo es la institución mexicana que más patenta, pues cuenta con un registro de 240 solicitudes en dicho banco de información.⁹⁴

Una vez realizada la selección de las patentes de interés, se encontró que 108 solicitudes (45%) están relacionadas con innovaciones o mejoras a los procesos catalíticos. La clasificación de estas solicitudes se observa en el cuadro 3.2.

Esta selección toma en consideración los diferentes tipos de procesos catalíticos, así como la obtención de compuestos, la recuperación de metales a partir de catalizadores agotados, las mejoras a formulaciones catalíticas y mejoras en los procedimientos para obtenerlos, entre otros.

El mayor número de solicitudes en el período se da en el mejoramiento de formulaciones catalíticas con 66 solicitudes, le sigue la mejora de procesos con 15, mejora de materiales con 6, la Isomerización con 4 y el rubro de otros que considera 17 solicitudes.

El IMP en los años de 1973 hasta el año de 1975 únicamente registra una solicitud.⁹⁵ También se observa que durante los años de 1976 a 1977, 1980, y 1983 a 1988 son donde se observa el mayor número de solicitudes, contrastando con los

⁹³ Información proporcionada por la Gerencia de Catálisis, IMP.

⁹⁴ Para este periodo se registran 240 solicitudes.

⁹⁵ El IMP en su informe de labores de 1969 reporta 8 solicitudes de patentes para ese año más 8 acumuladas de periodos anteriores en la subdirección de Refinación y Petroquímica (R y P), algunas de estas solicitudes se llevan conjuntamente con la Subdirección de Investigación Científica y Aplicada (ICA). Para el periodo de 1972 ICA, reporta 8 solicitudes en ese año dos

otros años 1974, 1975 y 1990 donde no registran ninguna solicitud (ver gráfica 3.3).

Solicitudes de Patentes por área de aplicación en catalizadores
Periodo 1973-1991

Área de aplicación	Número de solicitudes
Formulaciones (mejoras a)	66
Isomerización	4
Materiales (mejoras)	6
procesos	15
Otros	17
TOTAL⁹⁶	108

FUENTE: Banco Nacional de Patentes. 1972-1992

Cuadro 3.2

Lo anterior indica que el IMP, durante los periodos antes señalados, orientó su investigación principalmente a la mejora de formulaciones catalíticas y a la de algunos procesos catalíticos, como se observa en el cuadro 3.2 y la gráfica 3.4.

Agrupando las 66 solicitudes de patente para el rubro de formulaciones se observa, en el cuadro 3.3, que las zeolitas, los compuestos, los anticontaminantes, hidrogenación, FCC y Reformación han sido las principales preocupaciones en la investigación del IMP.

Principales Formulaciones Catalíticas

Tipo de formulación	No. De Solicitudes
Zeolitas	9
Compuestos	9
Anticontaminantes	8
Hidrogenación	7
F.C.C.	5
Reformación	5

Fuente: elaboración propia, con datos del Banapa

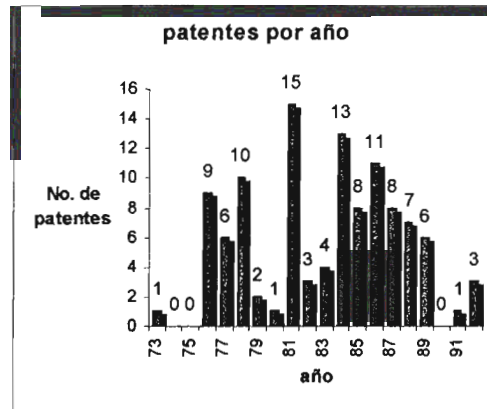
Cuadro 3.3

⁹⁶ en conjunto con R. Y P.

⁹⁶ En el rubro de otros se consideran las áreas de Alquilación, obtención de compuestos, desulfuración, hidrodealquilación, hidrogenación, hidrotatamiento, oxícloración, polimerización, recuperación de

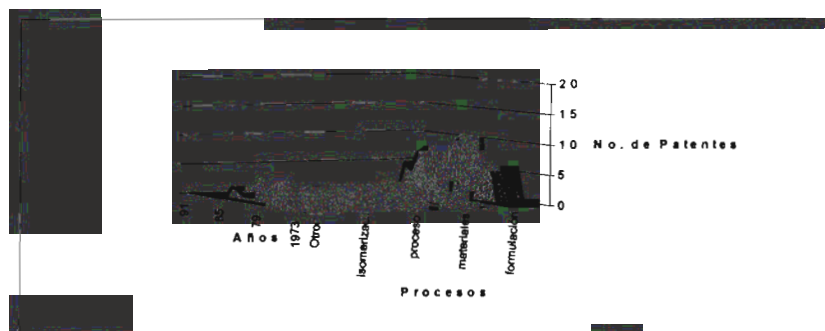
De lo anteriormente expuesto se desprende que el Instituto Mexicano del Petróleo se ha dedicado a la investigación de las propiedades fundamentales e ingenieriles para las formulaciones de catalizadores que permitan adecuarse a las características del petróleo mexicano para la refinación (ver gráfica 3.4) a través de la investigación en zeolitas, compuestos catalíticos, materiales y catalizadores anticontaminantes.

Gráfica 3.4 Número de solicitudes de Patente por Año



FUENTE: BaNaPa.

Gráfica 3.5 Orientación de la Investigación IMP



FUENTE: Gerencia de Catálisis, IMP.

mats. a partir de catalizadores desgastados, reformación

CAPITULO 4

La Comunidad Científica en Catálisis.

En este capítulo se hace una descripción del origen y el desarrollo de la comunidad científica orientada al estudio de la catálisis en México. La historia se inicia en el Instituto Mexicano del Petróleo, cuna de la primera comunidad científica en esta disciplina. En segundo término se hace referencia a los grupos que se formaron posteriormente, cuyo centro de actividad científica se encuentra ligado a las universidades, especialmente se aborda el caso de la comunidad científica de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, ya que esta universidad es uno de los centros en los que se encuentra trabajando una de las comunidades científicas de catálisis importantes en México.

Posteriormente se describe la actividad de los grupos de investigación de segunda generación⁹⁷, es decir aquellos investigadores que se forman a finales de los años setenta en universidades nacionales y extranjeras, y que obtienen parte de su formación de los investigadores de primera generación, concluyendo este apartado con el análisis del programa Fondo de Apoyo a Proyectos de Investigación Conjunta con Instituciones de Educación Superior (FIES), el cual promueve la formación de recursos humanos conjuntamente con proyectos de investigación.

Finalmente se señalan las instituciones universitarias que en 1997 desarrollaban investigación en esta disciplina, así como el número de investigadores involucrados.

4.1. El Primer grupo de investigación en México.

El Instituto Mexicano del Petróleo fundado en 1965, se crea ex profeso para promover el desarrollo de la investigación científica básica y para traducir ese conocimiento en tecnologías adecuadas a las necesidades de la industria petrolera,

⁹⁷ el termino de primera y segunda generación se utiliza para efectos descriptivos más que ubicándose en el tiempo, y es parece ser la clasificación que utilizan R. Arvanitis y C. Fortin, *Op. Cit.*

así como para desarrollar una infraestructura de capacitación de recursos humanos, y la conformación de un equipo de profesionales para la proyección y el diseño de instalaciones e infraestructura asociadas a la exploración, explotación, refinación y petroquímica del petróleo. El IMP fue en este sentido un medio adecuado para ver nacer el primer grupo de investigadores mexicanos ligado estrechamente al estudio de la catálisis de procesos químicos y petroquímicos.

El 25 de Agosto de 1965 se crea, por decreto presidencial, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), como un "organismo descentralizado de interés público con carácter preponderantemente técnico"⁹⁸. Uno de los determinantes institucionales más importantes que obligan a la creación de este instituto, es la falta de tecnología, y mano de obra especializada con capacidad de operación, diseño y construcción eficientes y seguros en materia petrolera.⁹⁹

Las funciones prioritarias del IMP se encuentran establecidas en el artículo segundo del decreto: " El IMP tendrá como objeto la investigación básica y aplicada, la formación de investigadores, la difusión de los desarrollos científicos y su aplicación en las técnicas petroleras. La capacitación del personal obrero para desempeñar labores dentro de la petroquímica básica, petroquímica derivada y química".¹⁰⁰

El nuevo organismo es regido por un consejo directivo integrado por cinco representantes de Pemex y cuatro representantes de las siguientes instituciones (UNAM, IPN, Instituto Nacional de la Investigación Científica y Consejo de Recursos Naturales no Renovables)¹⁰¹. El Presidente del consejo era y es, el director de Pemex, quien actúa a través de un director general, un subdirector general y siete subdirectores, como se muestra en la figura 4.1.

Los Subdirectores son los encargados de coordinar las actividades relacionadas al desarrollo de las tecnologías necesaria para la exploración, perforación y extracción del petróleo, para la refinación y la petroquímica, desarrollo de tecnologías para el diseño y construcción de plantas petroquímicas, la investigación económica y

⁹⁸ Internet: Ev. Hist. del IMP 1998, vease también, Revista del IMP, 30 aniversario, agosto 1995.

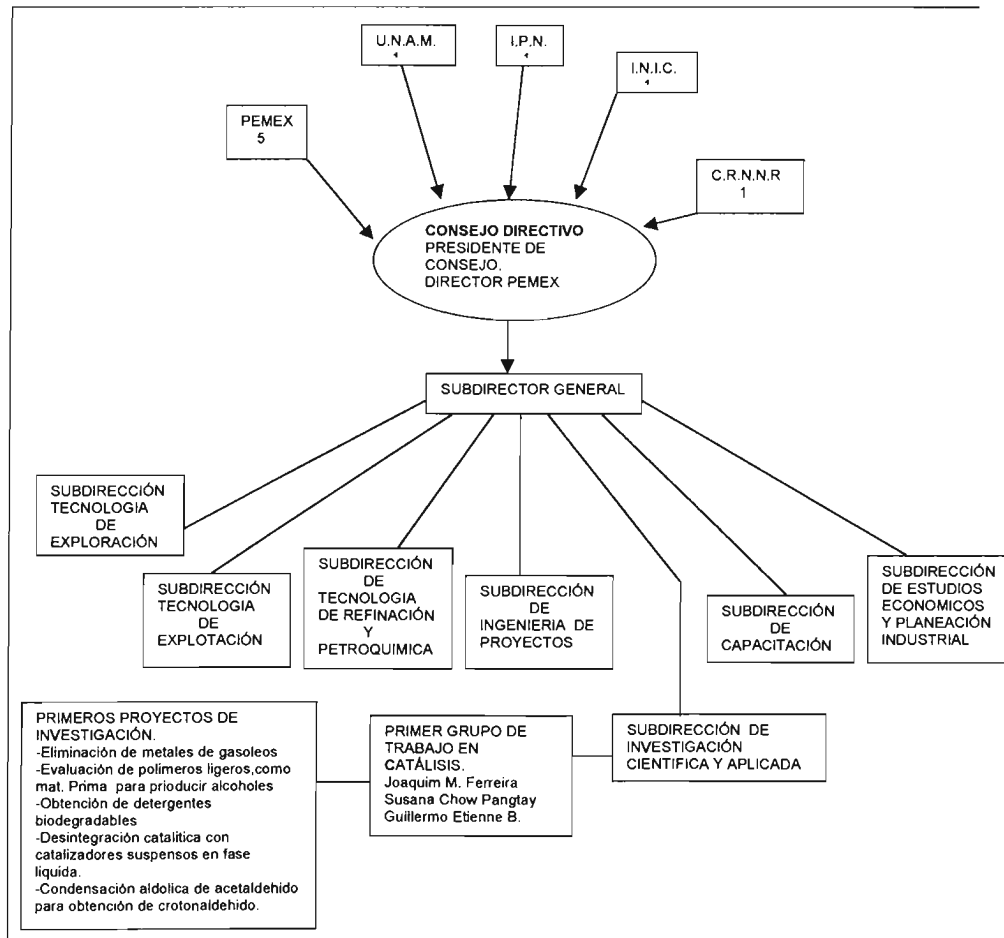
⁹⁹ Es de destacar que la primera planta de tetraetilo de plomo construida en nuestro país, fue debido a la falta de cooperación de las clas., trasnacionales para vender su tecnología. Y en ese mismo sitio 25 años después se construyó el IMP. Lo mismo sucedió con la planta de dodecilbenceno Vid. Eduardo Montaña, *Op. Cit.*, pp., 74 y 75.

¹⁰⁰ Alejandro Galindo Trejo " una visión del Instituto Mexicano del Petróleo", mimeo 1993.

¹⁰¹ García Collín L. 1989 "realidad y demagogia en la tecnología mexicana "PREMIA EDITORA. pp., 62-63.

planeación industrial, coordinar y organizar cursos de capacitación¹⁰², (ver figura 4.1).

Figura 4.1 Organigrama del Instituto Mexicano del Petróleo en 1967.



FUENTE: L. GARCÍA COLÍN *Op Cit.*, pp. 62-63

¹⁰² L. García Colln, *Op Cit.*, pp.,19-33

En Abril de 1967 se designa al Doctor en física Leopoldo García Colín como subdirector de Investigación Científica y Aplicada (ICA). El grupo de investigación de ICA, tenía la finalidad de hacer investigación básica en física, química y computo con el fin de apoyar a las demás subdirecciones a través de la realización de seminarios para la formación y actualización de los recursos humanos. Una de las subdirecciones que inmediatamente requirió del apoyo de la subdirección de ICA, fue la de refinación y petroquímica, por las características de los procesos catalíticos existentes en las refinerías de Petróleos Mexicanos.

El Dr. Leopoldo García integró el departamento de química, nombrando al Dr. Joaquim Martins Ferreira como jefe del área, quien dejaba la docencia en la universidad de Puebla. También se integraron al grupo la entonces Maestra Susana Chow P. y el Dr. Guillermo Etienne B., quienes ya laboraban en el IMP.

En el mismo año Joaquim M. Ferreira trae a varios de sus estudiantes e integra el grupo con Ricardo Gómez R., Dick Homero Cuatecontzi S., Armando Cabrera O., Agustín Vargas, Eloy Vázquez, Jesús Alvarez, Antonio Campero, Vicente Mayagoitia¹⁰³, Angeles Serrano, Ana Bertha Romero Flores, entre otros,¹⁰⁴ formándose con estos el primer equipo de trabajo en catálisis. Sin embargo el grupo de investigación queda formalmente constituido en 1968, con la incorporación de la entonces Mtra. Graciela Chacón quien había concluido estudios de posgrado en Francia.

Cabe señalar que la experiencia y el conocimiento de este primer grupo de investigadores en procesos petroleros eran limitados en algunos de ellos y en otros nula.¹⁰⁵ Unicamente Susana Chow por su formación de la licenciatura y sus estudios de maestría en ingeniería petroquímica en la universidad de Marsella F, tenía ciertos conocimientos sobre la disciplina. Graciela Chacón sería la segunda investigadora experta.

El objetivo inicial del grupo dirigido por Leopoldo García fue realizar una evaluación de las necesidades técnicas existentes en las diferentes subdirecciones.

¹⁰³ Finado.

¹⁰⁴ Leopoldo García Colín, *Op. Cit.* y entrevista personal.-Nota: El IMP en el año de 1967 aceptó 552 pasantes como becarios, los nombres aparecen entre los inventores en las solicitudes de patentes y certificados de invención en el Banco Nacional de Patentes, para el período analizado.

¹⁰⁵ Ricardo Gómez R., entrevista.

Durante los primeros ocho meses de labores, el Dr. Leopoldo García mantiene un estrecho contacto con el Ing. Hector Lara Sosa (entonces subdirector de refinación), y detectan que en la petroquímica y en la refinación del petróleo se encontraban los futuros pilares de la industria petrolera, para lo cual tenían que conocer y desarrollar la tecnología catalítica, campo inexplorado científicamente en ese entonces.

Dentro de esta etapa de identificación de prioridades y necesidades se tiene que dos subdirecciones, la de Exploración y la de Explotación, no permiten que el grupo de ICA realice ningún programa de investigación. Según Leopoldo García únicamente tres países en el mundo Francia, Estados Unidos y la extinta URSS dominaban las tecnologías asociadas a estas ramas, por lo que posteriormente reconoce que hubiera sido infructuoso un esfuerzo por la enorme inversión que hubieran necesitado realizar al incursionar en estas áreas de investigación¹⁰⁶

De este modo después de varios meses de trabajo, el grupo ICA identificó un conjunto de líneas de investigación como la geofísica, la física molecular, la espectroscopia, la física-química de superficies, la termodinámica, la teoría del transporte, la física de medios continuos, la cinética química, la fotoquímica y los polímeros, que constituirían sus objetos de estudio por varios años.

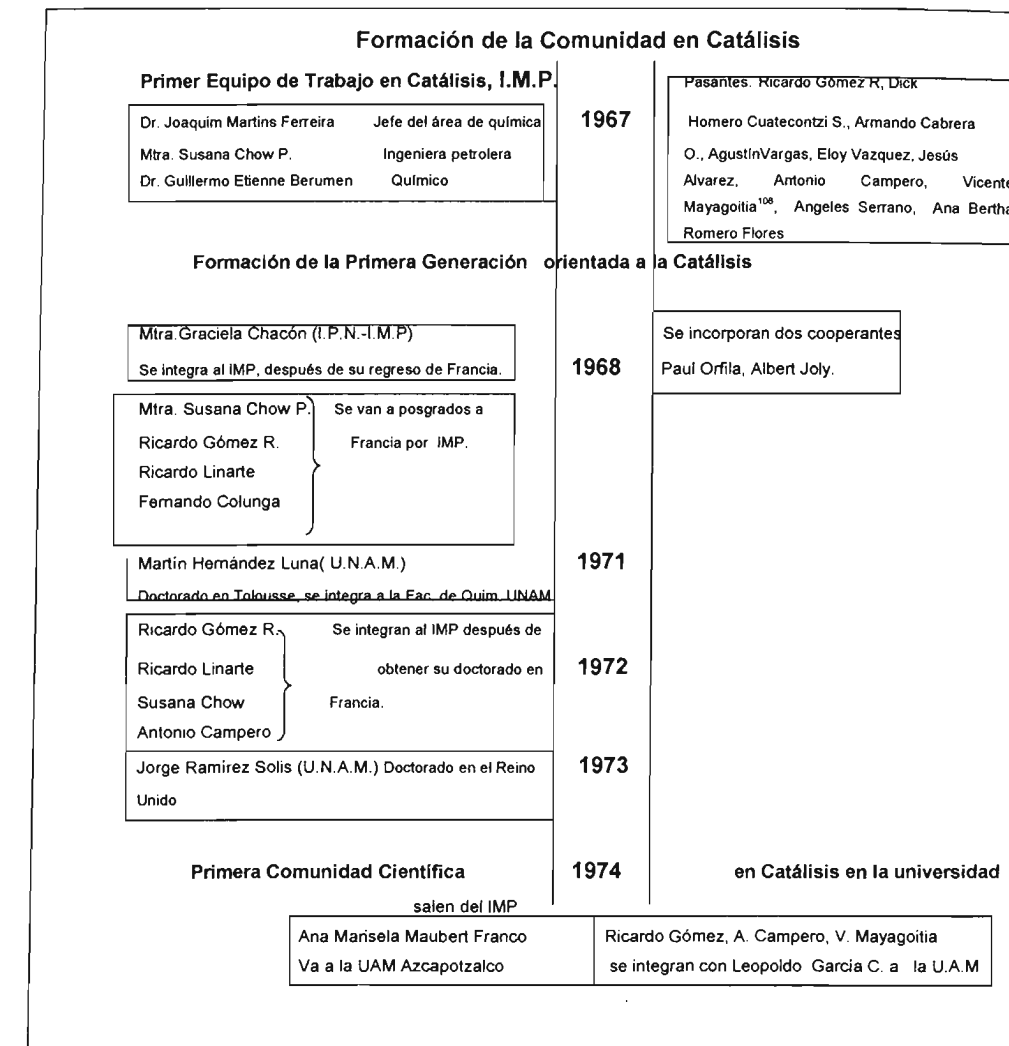
Con estos antecedentes, el Dr. Leopoldo García decide orientar parte de sus proyectos de investigación hacia el estudio de los catalizadores empleados en la petroquímica y en los procesos de refinación. Por lo que procede a la formación de grupos de investigación en física, química, geología, geofísica, matemáticas, electrónica, ingeniería petrolera y fisicoquímica.

El área de física y química de superficies son la medula de toda la catálisis química, la petroquímica también descansa sobre los procesos catalíticos, por lo que se requería contar con un conocimiento profundo del mecanismo y de la síntesis y estructura de los catalizadores, pero no contaba L. García, en ese entonces, con los recursos humanos para establecer soluciones de inmediato.¹⁰⁷ La tecnología de los procesos catalíticos estaba dominada por compañías extranjeras, quienes seguramente sugerían el tipo, la calidad y la formulación de los catalizadores que

¹⁰⁶ Aquí el Dr. L. García en la entrevista acepta que no les permitieron incidir en estas subdirecciones, que posteriormente reflexionando acepta que fue lo mejor.

¹⁰⁷ L. García Colln, *Op. Cit.*

debería utilizar Pemex en sus plantas de producción. Actualmente la producción de catalizadores sigue siendo dominio de estas empresas extranjeras, pero las formulaciones de algunos catalizadores son conocidas y establecidas por el IMP.



Octavio Novaro ¹⁰⁹							
<table border="1"> <tr> <td>Isaac Shifter</td> <td rowspan="4">} ambos investigadores } tuvieron una carrera } paralela</td> </tr> <tr> <td>Pedro Bosch</td> </tr> <tr> <td>J.Manuel Domínguez</td> </tr> <tr> <td>Alberto Alarcon</td> </tr> </table>	Isaac Shifter	} ambos investigadores } tuvieron una carrera } paralela	Pedro Bosch	J.Manuel Domínguez	Alberto Alarcon	1975 1976-77	En el área de ingeniería se forma el grupo de Enrico Mtz., forma a Felipe López, Ricardo Sola y Gretchen Lapiduz
Isaac Shifter	} ambos investigadores } tuvieron una carrera } paralela						
Pedro Bosch							
J.Manuel Domínguez							
Alberto Alarcon							
Segunda generación de investigadores orientados a catálisis. ¹¹⁰							
<table border="1"> <tr> <td>Primer titulación como Maestra en ciencias En la UAM-I, con especialidad en Catálisis Gabriela Díaz, UNAM</td> </tr> <tr> <td>Jorge Ramírez, Tatiana Klimova, Luis Cedeño, Rogelio Cuevas, Adrián Benitez¹¹¹. (Se reúne este grupo y permanece hasta la creación de UNICAT, UNAM)¹¹²</td> </tr> </table>	Primer titulación como Maestra en ciencias En la UAM-I, con especialidad en Catálisis Gabriela Díaz, UNAM	Jorge Ramírez, Tatiana Klimova, Luis Cedeño, Rogelio Cuevas, Adrián Benitez ¹¹¹ . (Se reúne este grupo y permanece hasta la creación de UNICAT, UNAM) ¹¹²	1979 1985	Gustavo Fuentes (UAM-I) Gloria del Angel UAM-I Tomas Viveros (UAM-I)			
Primer titulación como Maestra en ciencias En la UAM-I, con especialidad en Catálisis Gabriela Díaz, UNAM							
Jorge Ramírez, Tatiana Klimova, Luis Cedeño, Rogelio Cuevas, Adrián Benitez ¹¹¹ . (Se reúne este grupo y permanece hasta la creación de UNICAT, UNAM) ¹¹²							
Primer Doctor en Quim. con especialidad en Catálisis. UAM-I	1988	<table border="1"> <tr> <td>Noé Rosas</td> </tr> </table> Nancy Coromoto, Martín Guaregua	Noé Rosas				
Noé Rosas							
	1989-97	Tessy Ma. López Goeme, UAM-I Patricia Villamil y Margarita Viniestra(UAM-I), José A. De Los Reyes					

FUENTE: Autores diversos, entrevistas, curriculum.

Figura 5.2

¹⁰⁸ Finado.

¹⁰⁹ No fue posible ubicar la fecha de ingreso del Dr. O. Novaro, pero su formación es de físico, y pareciera se interesó en sus primeras publicaciones en el proceso Ziegler Natta, sobre catálisis publica conjuntamente con S. Chow.

¹¹⁰ Se hace la referencia a la institución donde actualmente prestan sus servicios.

¹¹¹ El Dr. Adrián Benitez falleció en 1997, a la edad de 36 años.

¹¹² UNICAT.- Unidad de Investigación en Catálisis, Fac. de Química, Depto de Ing. Química.

En aquel entonces (1967) el IMP y PEMEX, no contaban con personal capacitado que estableciera los estándares de las adquisiciones de catalizadores, las compañías extranjeras vendían y suministraban el producto, por lo que no se conocía si las adquisiciones eran las más adecuadas.

El Dr. Ricardo Gómez refiere al respecto, "existían algunos ingenieros que por el tiempo que tenían laborando en plantas¹¹³ conocían quizás el tipo de catalizador que debía utilizarse en cierto proceso, pero hasta ahí llegaba su conocimiento, desconocían la composición y eran incapaces de solicitar algo de acuerdo a sus necesidades. Realmente se desconocía cual era el contenido de los reactores, eran prácticamente cajas negras para el personal"¹¹⁴

Uno de los problemas del grupo de Investigación Científica Aplicada para iniciar la investigación en física y química orientada a la catálisis, era sencillamente que no contaban con expertos en el área. Pero el problema era que no existían en el grupo de ICA, ni los había tampoco en las universidades o en otras empresas y probablemente no había temáticas en este campo en las curricula de las universidades.¹¹⁵

Es por ello que se inicia en el año de 1967 un programa para la formación de recursos humanos, el cual originalmente tendría una duración de diez años para formar a 15 doctores. El formar un equipo de investigación en campos que aún no se tenían desarrollados, que involucraban crear y seleccionar recursos humanos a nivel doctorado, no era una tarea fácil en un ambiente donde se requería cierta rapidez en las propuestas de solución a los problemas. Sin embargo cuando los directores del IMP se percataron que la formación de doctores expertos en catálisis requería un proceso de varios años, pensaron que lo mejor sería modificar el proyecto. Este proyecto originalmente consistía en proporcionar el salario completo a quien decidiera realizar estudios de posgrado principalmente en las áreas prioritarias de investigación, pero al modificarse únicamente se otorgaba permiso con goce de sueldo para quienes deseaban el posgrado. Al respecto Ricardo Gómez menciona

¹¹² UNICAT.- Unidad de Investigación en Catálisis, Fac. de Química, Depto de Ing. Química.

¹¹³ Referencia coloquial de las plantas petroquímicas, o refinerías.

¹¹⁴ R. Gómez entrevista.

¹¹⁵ L. García Colín. Entrevista. NOTA. La carrera de Ingeniero Petrolero ya se impartía en la Fac. de Química de la UNAM en la década de los cincuenta.

que la idea original del programa era realizar estudios enfocados al petróleo completamente fundamentales, que algunos funcionarios se percataron que este tipo de investigación no tendría resultados a corto plazo, esto aparentemente creó presiones hacia el interior del grupo de investigación, por lo que modifican el programa de formación de recursos humanos. Destaca el entrevistado que los funcionarios de Pemex no le veían futuro a este tipo de investigación, estos funcionarios deseaban una especie de técnicos en catálisis.¹¹⁶

Así pues la idea inicial de Leopoldo García Colín, según la cual lo importante era hacer ciencia, no importaba de que tipo, cualquiera era buena con tal que se hiciera efectivamente, lo que se necesitaba era hacer ciencia y para ello había la necesidad de formar a la gente.¹¹⁷

A los dieciocho meses del inicio de labores en la subdirección de ICA se logró establecer el área de Física en colaboración con la UNAM, creando grupos en física molecular y de superficies, también se formó un grupo en termodinámica otro en teoría del transporte y otro más en cinética química.¹¹⁸

a) La influencia de las universidades francesas.

En 1968 la subdirección de ICA logra un convenio con el gobierno francés, que permitía a los jóvenes franceses hacer su servicio militar realizando una estancia de investigación en nuestro país. Esto permitió que la formación de estudiantes mexicanos se viera favorecida, otorgando por parte del gobierno francés becas, facilidades para aprendizaje del idioma. Por parte del IMP, al inicio del proyecto de formación de recursos humanos, se promueve el otorgar salario completo mientras se estudia el posgrado. Cuando se modifica este programa, únicamente se conceden licencias sin goce de sueldo para quienes desean ir al extranjero, y becas de apoyo económico para quienes permanecen en el país. En la figura 5.2 se puede apreciar como se fue formando la primera generación de investigadores, se destaca la formación de dos ingenieros químicos que no participaron en el proyecto inicial del

¹¹⁶ R. Gómez, entrevista

¹¹⁷ *Ibid.*

¹¹⁸ L. García (1989), *Op. cit.*, pp. , 66-68

IMP, Martín Hernández Luna y Jorge Ramírez Solís, el primero también egreso de una universidad francesa y el segundo de una universidad del Reino Unido. La figura 5.2, nos muestra que aproximadamente en un periodo de diez años si se formaron doce doctores con estudios orientados hacia la catálisis, once de ellos con posgrado de universidades francesas.

De esta fuerte influencia de las universidades francesas en la formación de los primeros investigadores orientados al estudio de la catálisis, es que se le denomina la primera generación por ser la base académica que sustentó tanto la investigación el desarrollo y la academia de esta disciplina en nuestro país. Aún en la actualidad muchos de los estudiantes que aspiran a posgrados en el extranjero desean hacerlo en escuelas francesas.

4.2 El inicio en la UAM

En 1974 es fundada la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). En ese mismo año, el Dr. Leopoldo García se separa de su cargo tras aceptar la invitación de la universidad recién creada para formar los departamentos de Física y Química en la unidad Iztapalapa.

El Dr. Leopoldo García tiene la versatilidad que le dan sus conocimientos tanto en la física como en la química. Además su trabajo al frente del grupo de Investigación Científica Aplicada al interior del IMP le ha dotado de una gran experiencia para identificar las líneas de investigación relevantes, tanto desde el punto de vista del conocimiento puro, como de su traducción en nuevas técnicas. Es así, como Leopoldo García forma un grupo de científicos vinculados a la investigación de Química Cuántica, Química Orgánica y Fisicoquímica.

Al quedar constituido este grupo de investigadores dentro de la UAM-Iztapalapa, otros investigadores con formación de químicos y físicos se separan también del IMP a solicitud de Leopoldo García. Entre ellos el jefe del área de química, el Dr. Ricardo Gómez. Se desconoce con precisión el número total de investigadores que salen del IMP, pero se estima que fueron cerca de 10. Considerando aquellos que estaban en ese momento en el país y otros que se

incorporaron posteriormente al terminar sus estudios en el extranjero. La mayoría de los investigadores que salieron en ese tiempo del IMP se integraron a la UAM, especialmente a los planteles de Azcapotzalco e Iztapalapa.¹¹⁹

La salida de estos investigadores en el IMP reviste gran interés desde varios puntos de vista. La Universidad Autónoma Metropolitana nació con una visión diferente de la que debía ser la enseñanza y la investigación en las instituciones de educación superior. En esta universidad se crearon estructuras académicas con un enfoque diferente, más orientado hacia la investigación. Esta peculiaridad y la motivación que provoca un nuevo proyecto en sus fundadores proporcionaron una ventaja a la UAM sobre las instituciones ya existentes.

La UAM creó estructuras en forma de Áreas de Investigación que dio mayor libertad y flexibilidad a los investigadores para desarrollar las temáticas que ellos consideraban relevantes. La UAM además nació con un apoyo financiero superior a otras universidades públicas lo que proporcionó mejores sueldos, mejores instalaciones y equipos para la investigación. De esta manera, no obstante que al principio los grupos científicos estaban limitados, el ambiente institucional de la UAM, creó las condiciones propicias para atraer científicos y dar lugar a una nueva comunidad científica.

De esta manera se fueron creando las bases para construir una comunidad académica y científica con gran reconocimiento que para 1988¹²⁰, le había permitido crear un Doctorado en química especializado en catálisis, el primero en su tipo en México. Este es el proceso que da origen al grupo de químicos en la UAM, con alto reconocimiento dentro de la comunidad científica nacional e internacional, ellos fueron los pioneros y actualmente son uno de los grupos científicos con mayor número de publicaciones internacionales.

4.3 La segunda generación

Se denominó científicos de segunda generación a aquellos investigadores que se formaron bajo la experiencia, el impulso y la vigilancia en algunos casos, del

¹¹⁹ Ricardo Gómez, P. Bosch, Susana Chow, entrevistas.

grupo que formó la primera generación. Los investigadores de segunda generación son la reproducción de la primera. Así tenemos que el grupo inicial que se forma en ICA del IMP y aquellos que después emigraron a la UAM-I formó investigadores que a su vez formaron otros grupos de investigación en otras instituciones.

Uno de los grupos de segunda generación de investigadores se encuentra en la UNAM, iniciado por el grupo de "Reactores y Catálisis" del departamento de Química de la misma facultad, quienes inician la Unidad de Investigación en Catálisis (UNICAT), dirigida por el Dr. Jorge Ramírez Solís. Esta unidad está orientada a apoyar la formación de recursos humanos y al desarrollo de investigación fundamental y de aplicación industrial, sus áreas de trabajo son desarrollar, caracterizar y crear nuevos soportes, orientados todos a la catálisis".¹²¹

En el periodo 1994-95 esta unidad contó con 11 proyectos, 8 de los cuales fueron financiados por Pemex-Refinación, uno por CONACYT, uno por la Comunidad Europea y el último por la UNAM. Este grupo de investigación ha trabajado más en contacto con Pemex, para la caracterización de los nuevos catalizadores.

Otro grupo de segunda generación formado en la UAM-I, es el formado en el área de Ingeniería Química, es un grupo de ingenieros químicos con orientación en reactores catalíticos, el cual es iniciado por el Dr. Enrico Martínez quien provenía de la UNAM y se incorpora a la institución en el año de 1974 formando el departamento de ingeniería. Creando en ese entonces un grupo de ingenieros en catálisis entre quienes participan Felipe López Izunsa, Ricardo Sola y Gretchen Lapiduz.

Actualmente E. Martínez y R. Sola no laboran dentro de la universidad, prestan sus servicios en empresas privadas como Negromex. En los años ochenta se integran a la planta docente los ingenieros Mario Vizcarra, Gustavo Fuentes, Tomas Viveros, y en los noventa José Antonio de los Reyes y Sergio Gómez¹²², quienes actualmente forman el grupo de investigación de ingeniería en catálisis.

Este grupo de ingenieros químicos mantiene una línea de investigación en catálisis financiada principalmente por el IMP, y un contacto más estrecho con

¹²⁰ Ricardo Gómez, entrevista.

¹²¹ Folleto de presentación de la UNICAT

¹²² Tomas Viveros, entrevista.

otras empresas como son: CYDSA, HOECHST- ROUSSELL¹²³, COMEX, S.A., INDUSTRIAS RESISTOL, compartiendo incluso regalías por patentes creadas conjuntamente con algunas de estas empresas¹²⁴.

Hay que señalar que el tipo de investigación que realizan los grupos de Química e ingeniería es diferente debido a la orientación misma de su formación profesional, aún cuando los principios básicos de la catálisis son los mismos.

En la actualidad algunos de los egresados del posgrado de la UAM, ocupan posiciones de investigador en instituciones como la UNAM, el IPN, el IMP y otras instituciones universitarias.

Otros grupos de segunda generación actualmente realizan investigación en el Instituto Politécnico Nacional, el Instituto de Física de la UNAM, el tecnológico de Cd. Madero, y otras instituciones de provincia. Estos grupos se integraron gracias al apoyo que han recibido por parte del CONACyT y por parte del IMP que ha buscado la vinculación con las universidades para encontrar la solución a algunos de sus problemas tecnológicos.

Una vía de solución externa a los problemas científicos y quizá en ocasiones tecnológicos del IMP, ha sido a través de la vinculación con la comunidad catalítica de las universidades por lo que en la administración del Dr. Francisco Barnes se instauró un programa de formación de recursos humanos, formación prioritaria del IMP desde su creación, programa denominado Fondo de Apoyo a Proyectos de Investigación Conjunta con Instituciones de Educación Superior (FIES), que es una promoción de estudios de posgrado para la formación de recursos humanos conjuntamente con proyectos de investigación de interés para el instituto, en las áreas de:

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| I.- Ciencias de la Tierra | II.- Procesos |
| III.- Catálisis y Materiales | IV.- Ingeniería |
| V.- Economía Energética | VI.- Protección Ambiental |

Uno de los objetivos del IMP bajo este programa, es la realización de investigación científica dentro de las universidades, en proyectos que sean comunes

¹²³ Empresa del grupo Hoechst, quienes realizan I&D.

a los investigadores de las instituciones participantes así como la formación de recursos humanos.

Este programa ha permitido que nuevas instituciones lleven a cabo investigación orientada hacia las problemáticas del Instituto con un financiamiento del mismo instituto. Para algunos alumnos de posgrado ha representado becas, que les permiten continuar sus estudios, y para el IMP ha representado llevar a cabo investigación conjunta con investigadores universitarios.

Cuadro 4.1 PROYECTOS FIES ASOCIADOS A LAS AREAS DE INVESTIGACIÓN.

Áreas	1995	1996	1997	TOTAL DEL PERIODO	%DE PARTICIPACIÓN
Ciencias de la Tierra	5	5	8	18	20
Procesos	6	5	6	17	18.88
Catálisis y Materiales	8	7	6	21	23.33
Ingeniería	6	1	7	14	15.55
Economía Energética	0	2	0	2	2.24
Protección Ambiental	6	5	7	18	20
TOTAL PROYTS.	31	25	34	90	100

Fuente: Gerencia de apoyo a la investigación IMP.

En el cuadro 4.1, se observa el número de proyectos que se han llevado a cabo en los años de 1995-97 bajo este programa, destaca en importancia el área de catálisis y materiales con 21 proyectos que representa aproximadamente el 23% de los proyectos realizados en el periodo.

En el área de catálisis y materiales, hasta el 16 de Abril de 1998, obtuvieron el grado de maestría 8 estudiantes, de los cuales 6 egresaron de la UAM-I, uno de la UNAM, y otro del Tecnológico de Cd. Madero. Se titularon 3 doctores de la UAM-I, dos en catálisis y uno en materiales, todos los maestros son ingenieros químicos¹²⁵.

La importancia del programa FIES es que permite apoyar a investigadores en 19 instituciones de investigación y docencia (véase cuadro 5.2). Se observa que solamente dos instituciones educativas, UNAM y la UAM-I, tienen presencia

¹²⁴ Tomas Viveros, entrevista.

¹²⁵ Fuente: Gerencia de apoyo a la investigación. Para los años subsiguientes no se cuenta con la información.

importante en los proyectos de las FIES, pues entre ambas representan aproximadamente el 64% del total de los proyectos, estando en primer lugar la UNAM, con 36 proyectos, y la UAM-I con 22 proyectos y en tercer lugar se encuentra el I.P.N., con 12 proyectos. Fuera de estas instituciones las restantes(16) cuentan a lo más con tres proyectos.

Cuadro 4.1

**INSTITUCIONES DE EDUCACION SUPERIOR PARTICIPANTES
EN PROYECTOS FIES 95, 96 Y 97
PROGRAMA FIES**

IES	PROYECTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	36
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	12
CENTRO DE INVESTIGACION DE ESTUDIOS AVANZADOS	2
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA- IZTAPALAPA	22
UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA- AZCAPOTZALCO	3
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CAMPECHE	1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MORELOS	1
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA	2
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	2
UNIVERSIDAD DE SAN LUIS POTOSI	1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO	1
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA DE YUCATAN	1
CENTRO DE INVESTIGACION DE QUIMICA APLICADA	1
COLEGIO POSTGRADUADOS	1
CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIORES DE ENSENADA	1
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES	1
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	1
UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA	1
CENTRO DE INVESTIGACION Y DE MATERIALES AVANZADOS	1
TOTAL	91

FUENTE: Gerencia de apoyo a la investigación, IMP

Los programas FIES han continuado con lo que parece ser ha sido la preocupación constante del IMP, crear recursos humanos capacitados y una infraestructura para el desarrollo de tecnologías necesarias para la transformación del petróleo.

En la actualidad tanto profesionales en la física como en la química y los ingenieros en esta línea de investigación hablan el mismo lenguaje, lo que ha permitido que existan aportaciones a la ciencia catalítica de estas disciplinas. Para la comunidad científica ha significado el enriquecer el contenido científico, creando su propia infraestructura.

4.4 Situación actual de la comunidad científica

Para el año de 1997, la comunidad científica orientada a la catálisis en México esta conformada por aproximadamente 66 investigadores en activo, quienes integran 26 grupos de trabajo distribuidos en trece Universidades e institutos en todo el país.¹²⁶ Las universidades y tecnológicos que hasta julio de 1997 estaban desarrollando investigación relacionada a la catálisis, se aprecian en el cuadro 4.1.¹²⁷

Cabe destacar que la mayoría de los investigadores de esta comunidad científica se han formado en el extranjero y particularmente en instituciones francesas. Otros, la minoría, se han formado en Inglaterra y en nuestro país, donde incluso desde 1988 se formó el primer Doctor en catálisis.¹²⁸

Algunos investigadores mencionan que la orientación de la carrera en la UAM es distinta a la de la UNAM, el enfoque que se le ha dado al departamento de química en la UAM, esta orientado hacia la físico - química mientras que en la UNAM, se tiene una orientación hacia la química analítica. Lo que brinda una mayor diversificación de las orientaciones de la investigación en catálisis.¹²⁹

Por parte del IMP el personal con el que cuenta esta conformado por 11

¹²⁶ Boletín de la ACAT, vol 5, No.1, Julio de 1997.

¹²⁷ Ibid.

¹²⁸ Varios Investigadores son titulados en la UAM a nivel Doctorado como. Tessa López y Margarita Viniestra; A nivel Maestría se tienen a Gabriela Díaz, Sergio Fuentes, como algunos ejemplos.

¹²⁹ Dr. Ricardo Gómez, Dra. Nancy Martín Guaregua Coromoto. , entrevista, 1997.

Doctores, 23 Maestros y 26 Licenciados, pero no se especifican las personas

Cuadro 4.3

INSTITUCIONES QUE REALIZAN INVESTIGACIÓN EN CATALISIS EN MÉXICO

INSTITUCIÓN	DEPTO. O FACULTAD	LINEA DE INVESTIGACIÓN	N. I. **
U.N.A.M	UNICAT	Hidrotratamiento Catálisis Ácida Modelamiento de reactores químico.	8
	Inst. de Física	Caracterización fisicoquím. y reactividad de metales y óxidos. Catalizadores para reducción de Nox, y oxidación de CO. Caracterización de cat. Bimetalicos. Cat. De Pd. para conversión de NOx. Cat. De sulfuros de transición para HDS.	18
Universidad Autónoma Metropolitana.	Depto. de Cs. Básicas.	Eliminación de tóxicos de efluentes acuosos por oxidación. Cat. Ácidos y superácidos para Isomerización de parafinas. Caract., Modif., y adecuación de zeolitas naturales como adsorbentes y catalizadores. Alquilación de aromáticos en zeolitas y zeotipos.	6
Azcapotzalco	Depto. Química Á. Catálisis	Reacciones catalíticas de Hidrogenación. Y oxidación de cata. Propiedades catalíticas de nuevos materiales. Actividad y conversión de Hidrocarburos y otros compuestos en sist. Homogéneos y heterogéneos	9
Iztapalapa	Depto. I. P. H. A. Ing. Química	Prep. y caracú. de cata. Heterogéneos con aplic. Ambientales. Desarrollo de catalizadores óxidos y soportes. Desarrollo y evaluación de catalizadores de hidrotratamiento.	5
Instituto Politécnico Nacional	Unidad. Prof. López Mateos, ESIQUE, edif. 8	Cat. bimetalicos para reformación y deshidrohalogenación. Desarrollo de nuevos soportes. Arcillas pilareadas y óxidos mixtos.	3
C.I.M.A.V. (Chihuahua)	Depto. Catálisis	Tratamiento de aguas residuales por vía fotocatalítica. Uso de arcillas existentes en la región como catalizadores. Síntesis y aplicación de zeolitas como tamices moleculares.	3
Inst. Tec. Cd. Madero	Div. Est. Posg.	Hidrodesulfuración Reformación Alquilación	5
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Fac. de Cienc. Químicas	Estudios microcinéticos de reacciones de reducción de Nox. Fotocatálisis para eliminación de contaminantes.	4
Universidad Autónoma de Baja California.	No especifica	Efecto de aditivos en catálisis de HDS.	3
Universidad de Guanajuato	CIQI	Preparación, caracterización, y propiedades de Oxidos de Tungsteno, sobre alúmina.	9
	IIC	Obtención de mat. tipo Hidrotalcita por el método sol-gel. Desarrollo de soportes de catalizadores De óxidos mixtos. Química del Aluminio, alúmina y sus derivados.	1
Otras Universidades: U. Iberoamericana. U.A. de Puebla. U.A. de Nuevo León Inst. Tec. De Aguascalientes.	No especifica	No especifica	N/e

FUENTE: Boletín de la Academia de Catálisis, vol.5,no.1, Julio 1997.
N.I.: Número de investigadores

directamente involucradas en la investigación básica¹³⁰ y cuantas al desarrollo de formulaciones catalíticas para los procesos de Refinación y Petroquímica.

Esta es la situación que prevalece en México en 1997, en la investigación orientada hacia la catálisis. A continuación se hace mención a la asociación que les ha permitido a los investigadores mantener una cohesión y una dinámica de intercambio entre la comunidad a nivel nacional e internacional, así como su institucionalización como comunidad.

a) La Asociación

La Asociación de Catálisis A.C., surge en el año de 1986, planteándose como objetivo promover y difundir el conocimiento en catálisis en el país; periódicamente realiza congresos a nivel nacional y talleres a nivel internacional. A partir de 1993, la asociación decide publicar una revista donde se difunden los trabajos de los congresos, actualmente se pretende editar un Boletín donde se informe trimestralmente¹³¹ a la comunidad, de los eventos sobresalientes o importantes referentes a esta ciencia. En el año de 1997 la ACAT logra la afiliación a la North American Catalysis Society, y fue propuesta para organizar el congreso en el año 2003.¹³²

Se puede concluir que a través de 24 años de iniciada la comunidad dentro de la universidad, ha creado y fortalecido sus órganos de difusión, se ha extendido hacia otros lugares de la provincia nacional, ha fortalecido sus programas de estudio y mantiene un potencial de investigación que se ha incrementado a nivel internacional, se ha consolidado constituyendo su asociación y ha creado redes de colaboración entre investigadores, tanto físicos como químicos e ingenieros químicos en el ámbito nacional como en el ámbito internacional.

Algunos de los investigadores continúan generando la investigación fundamental dentro de las universidades y otros, buscan la forma de aplicar este conocimiento en los procesos de producción. Todos tienen como meta, la búsqueda y mejora de las formulaciones catalíticas y de nuevos materiales catalíticos, a partir del conocimiento.

¹³⁰ Gerencia de Catalisis, 1998.

¹³¹ Al mes de Junio de 1999, las publicaciones se realizan anualmente, por falta de participación. Nancy Martín C., entrevista Junio de 1999.

¹³¹ Boletín de la ACAT, AC. Vol.5, No.1, Julio1997

CAPITULO 5. CONCLUSIONES

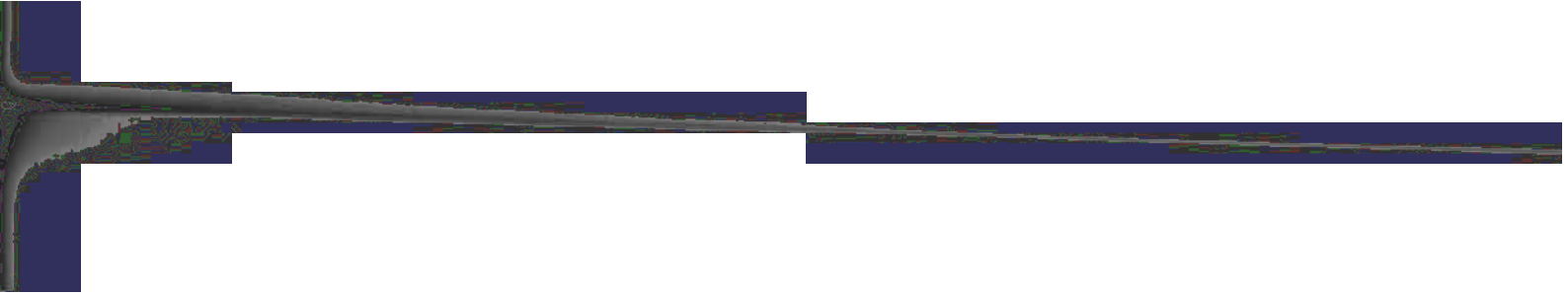
Entre lo más relevante de la investigación destaca lo siguiente:

- De acuerdo a las hipótesis planteadas se tiene que el instituto Mexicano del Petróleo al inicio de sus actividades, no contaba con una orientación muy concreta del tipo de problemas a abordar, tampoco contaba con el personal capacitado para llevar a cabo la investigación científica y aplicada para la resolución de la problemática existente. Debido a lo anterior, el IMP tuvo la necesidad de formar recursos humanos en diferentes áreas, una de las cuales es la de catálisis; dando origen a lo que sería la comunidad científica en catálisis. Con el tiempo esta comunidad se ha ido extendiendo a diferentes Universidades del país y se ha fortalecido, interactuando tanto a nivel nacional como internacional
- En la década de los noventa la catálisis se ha convertido en una disciplina científica que involucra un nivel sofisticado de especialización y conocimiento de disciplinas como la física, la química y la termodinámica, lo que impide que se continúe desarrollando en forma empírica, debido a ello actualmente la catálisis no puede continuar evolucionando sin una comunidad científica especializada y de alto nivel, por lo que la segunda hipótesis se corrobora.
- Existe la necesidad de mantener, acrecentar y organizar los vínculos existentes entre el IMP y las universidades, para dar solución eficiente a necesidades muy concretas, que además permita mantener un programa de largo plazo en su estrategia tecnológica.
- De acuerdo al análisis de las patentes registradas por el BaNaPa en el período 1973-1992, no se aprecia que exista una política tecnológica consistente de mediano y largo plazo. También se observó una desorganización en la planeación de la investigación, reflejándose en inconsistencia en la productividad a tal grado que en algunos años no existen o son pocas las solicitudes de patentes. Lo que se refleja en que el IMP únicamente participe en la formulación del treinta por ciento

de las ventas de catalizadores anuales.

- En lo referente a la comunidad científica de catálisis, se observó que sus miembros buscaron los espacios mas adecuados para llevar a cabo sus investigaciones, expandirse y fortalecerse, siendo estos espacios las universidades, pero también deben tratar de formar recursos humanos de alto nivel que incidan en actividades industriales.
- El estudio de las comunidades científicas permite conocer las potencialidades científicas y tecnológicas con que cuenta nuestro país, lo que permitiría elaborar políticas científicas y tecnológicas sobre base muy concretas.

A N E X O



ANEXO No.1

Cuestionario entregado a los investigadores además de la entrevista.

Nombre del investigador o funcionario. _____

1. - Licenciatura

Institución. _____

Área de tesis. _____

2. - Maestría, institución y país. _____

Especialización. _____

3. - Doctorado, esp. Inst.

país. _____

4. - Experiencia profesional.

Empresa, institución. _____

5. - Trabajos/ investigaciones realizadas(orden cronológico), área (zeolitas, metales,

otros, etc.). _____

6. - Tendencias de Investigación. _____

7. - Vinculaciones.- _____

8. - Referencias históricas.- _____

9. - Observaciones. _____

BIBLIOGRAFIA

1. Alchian, A.(1951)" Evolution and economic theory",Journal of Political Economy,Vol 68, pp221-322.
2. Aguilar, J. A.(1994)" Vinculación entre universidad e industria: una experiencia provechosa". Comercio Exterior, Marzo 1994, p 249-252.
3. Arvanitis, R.(1996)" Redes de investigación e innovación: un breve recorrido conceptual",Revista Latinoamericana de Estudios del Trabajo. año 2,N.3,pp41-54.
4. Arvanitis, R.(1996) "La Relación Incierta Ciencia aplicada y Desarrollo en Venezuela " Fondo Editorial Fintec, Caracas. pp253-281.
5. Arvanitis, R., Dutrenit, G.(1997)"La investigación tecnológica básica: ¿ciencia pública o ciencia privada ?",Revista Mexicana de Sociología,vol.59,núm 3 , jul-sept.pp83-107.
6. Boletín de la Academia de Catálisis. Vol.1, No.1, Julio 1997.
7. Boletín de la Academia de Catálisis. Vol.6, No.1, Febrero 1998.
8. Boletín de la Academia de Catálisis. Vol.1, No.2, Mayo 1992.
9. Bosch P., Schifter Y.(1988)" La zeolita una piedra que hierve",La ciencia desde México,Conacyt, S.E.P., Fondo de Cultura Economica.
10. Callon, M.Courtial J. et-al (1991)"Tools for the evaluation of technological Programmes:an Account of work Done at the Centre for the Sociology of Innovation", Technology Analysis Management, Vol.3,No.1 pp3-41.
11. Callon, M.(1992) "The Dynamics of Techno-economic networks" , Technological Change and Company Strategies. Economic and Sociological Perspectives, Coombs R,Saviotti P, Walsh V. Edt.
12. 12.Chow, S (1986)" Petroquímica y Sociedad", La ciencia desde México, F.C.E-

- Conacyt. No. 39.
13. Cimoli, M. , Dosi G. (1994) " De los paradigmas tecnologicos a los sistemas nacionales de innovación", Comercio Exterior,v.44,N.8, Agosto 1994.
 14. Cimoli M. , Dosi G. "El cambio tecnologico hacia el nuevo milenio. Debates y nuevas teorias", Economia Critica , Gomez,M., Sanchez M.,De La Puerta E. compiladores,pp23-63.
 13. 15. Coombs, R,Saviotti P, Walsh V. (1992) "Technological Change and Company Strategies. Economic and Sociological Perspectives", cap.1. Coombs R,Saviotti P, Walsh V. Edt. Inverlat, No.81 Mayo.
 14. Dosi, G. (1991) " Perspectives on evolutionary theory",Science and public Policy Vol 18, No. 6 diciembre. pp353-354.
 15. Dosi, G. " The nature of the innovative process", in Dosi G.,Nelson R.R.,Silverberg, G., Soete L.,(Eds),Technical Change and Economic Theory, London: Frances Pinter.Chapter 1.
 16. Dutrenit G.,Capdeville M, Vera-cruz A.,Villavicencio D.,Arvanitis R.,Cruz M.A., del Valle S.,Rios L.(1996)"La vinculación universidad-empresa en un macroproyecto de polimeros", Comercio Exterior, Octubre 1996, p 808-816.
 17. Elster J.(1992)" El cambio tecnologico.Investigaciones sobre la racionalidad y la transformación social",Edit. Gedisa, Barcelona España.
 18. Edquist C.(1997)" Systems of Innovation Approaches-Their emergence and Characteristics", in Edquist Charles Ed.Systems of Innovation: technologies, institutions, and organizations.Pinter Publishers: London. pp1-29
 19. Freeman C. (1974)" La teoria economica de la innovación industrial", Alianza Editorial.Freeman C(1988)"Introduction",in Dosi G.,Nelson R.R.,Silverberg G., Soete, L.,(Eds),Technical Change

- and Economic Theory, London: Frances Pinter. Chapter 1.
20. Fuentes S., Diaz G. (1988) "Catalizadores ¿la piedra filosofal del siglo xx?", La ciencia desde México, colección SEP, CONACYT, FCE.
 21. Garcia, L. (1989) "Realidad y demagogia en la tecnologia mexicana" Premio editorial.
 22. Gaillard Jacques (1996) "El comportamiento de las comunidades cientificas", en Salomon J.J. Sagasti F., Sachs C. Comps.. V.82
 23. 1996 Una Busqueda incierta Ciencia , Tecnologia y Desarrollo Edit. Univ. de las Naciones Unidas. CIDE. FCE.
 24. Haggin J. (1996) "Cross-Disciplinary Strategies Leading To Advances In Catalytic Technology", Revista Chemical and Engineering News, Vol 74, No. 32. Agosto.
 25. Jamison A. (1988) "Innovation Theories and Science and Technology Policy: Historical Perspectives", Science, Technology, and Development, Wad Atul (Edit), IT Publications, London.
 26. Johnson B., Lundvall B-A. (1996) " Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional", Comercio Exterior, v.44, N.8, Agosto 1994.
 27. Keck, O. (1993) " The national system for technical innovation in Germany", National Systems of Innovation Towards a theory of Innovation and Interactive Learning", Lundvall Bengt-Ake edit. Pinter Publishers: London pp115-157
 28. Kuhn T. (1962) "La estructura de las revoluciones cientificas", Fondo de Cultura Economica. Mexico.
 29. Lopez, S. (1996) " La vinculación del sector de Ciencia y Tecnologia con el sector productivo: su perfil economico", Tesis para obtener el grado de Doctor en Economia, UNAM. Agosto.
 30. Lundvall B-A (1992) " introducción", National Systems of Innovation Towards a theory of Innovation and Interactive Learning", Lundvall Bengt-Ake edit. Pinter Publishers: London

31. Manzanilla F.,(1978)"Instituto Mexicano del Petroleo",Revista IMIQ, MARZO-ABRIL,NO. 3-4; Vol.xlx. pp49-
32. Revista de la Academia de Catálisis. ACAT,A.C., Vol.1, No.1 , Noviembre 1991.
33. Instituto Mexicano del Petroleo, Subdirección de Transformación Industrial,Gerencia de Catalisis,1996" Evolución y estructura.
34. Rosenberg,N (1976)"Tecnologia y Economia", Gustavo Gili,1979,España.
35. Secretaria de Energia, web. www.se.mx. julio 1998. estadísticas.
36. Villavicencio ,D. (1991), " Los paradigmas de política tecnológica" J Michelli edit.