

# La catálisis en la Universidad Autónoma Metropolitana–Unidad Azcapotzalco\*

Julia Aguilar Pliego\*\*

**RESUMEN:** En este artículo se describe el desarrollo de la catálisis en la UAM–Azcapotzalco. Se hace mención histórica de la UAM desde su creación en 1974, asimismo, del desarrollo de la catálisis en la UAM–A en el tiempo. Se mencionaran los proyectos y las diferentes líneas de investigación que se realizan en esta institución, así como la infraestructura actual que se tiene y la docencia que se imparte en el tema y en general. Se describirán las redes, colaboraciones nacionales e internacionales referentes a la catálisis en los diferentes departamentos, áreas y grupos de investigación actuales en la UAM–A.

**PALABRAS CLAVE:** Catálisis, materiales micro/mesoporosos, membranas catalíticas.

**ABSTRACT:** The present contribution describes the research work on catalysis and catalytic materials that has been carried out and developed for a period of approximately forty years at the Metropolitan Autonomous University – Azcapotzalco (UAM–A). The Metropolitan Autonomous University was founded in 1974 and hereby we point out relevant aspects on catalysis research that have took place from that date up to present times. The description includes research projects, research fields under study, laboratory facilities, instrumentation, contribution to first degree and graduate teaching and national and international collaboration links and funding, of the different research groups affiliated to the academic departments of the Metropolitan Autonomous University – Azcapotzalco.

**KEYWORDS:** Catalysts, micro/mesoporous materials, catalytic membranes.

La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se creó en los años setenta del siglo XX, por la necesidad de ampliar la matrícula de estudiantes en instituciones de educación superior. Por tal motivo en 1974 se crea la UAM. El 11 de noviembre de 1974 la UAM–Azcapotzalco abre sus puertas, siendo su rector el Dr. Juan Casillas de León. La Universidad Autónoma Metropolitana es un organismo descentralizado del Estado con personalidad jurídica y patrimonio propio.

Su dinámica institucional está regida por una estructura orgánica encargada de la distribución y ejercicio de las funciones e incluye diversos niveles

---

Recibido: 23 de enero de 2016. Aceptado: 15 de marzo de 2016.

\* Agradecimientos: Dr. Luis Noreña Franco, ayudante Ángel Arteaga, Dr. José Luis Contreras Larios, Dra. Deyanira Ángeles Beltrán y al Dr. Miguel Torres, por la valiosa información brindada para la realización de este documento.

\*\* Área de Química Aplicada, Departamento de Ciencias Básicas, División de CBI-UAM–Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Delegación Azcapotzalco, Cd. Mx., México. Correspondencia: (apj@azc.uam.mx).



FIGURA 1. Imagen de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

de participación de la comunidad universitaria. Uno de los componentes de dicha estructura son los Órganos Colegiados. Cabe mencionar que, actualmente, la UAM cuenta con uno de los sistemas de admisión más avanzados de Latinoamérica.

La UAM–Azcapotzalco (figura 1), abrió sus puertas a la comunidad universitaria el 11 de noviembre de 1974. Por su ubicación, al norte de la Ciudad de México y la decisión inicial de orientarla hacia las necesidades prácticas de la sociedad circundante, la Unidad se inscribe en un modelo de transmisión del conocimiento centrado primordialmente en problemas concretos, así como en el estudio puro de las disciplinas.

Desde el inicio de sus actividades, dirige sus esfuerzos a desarrollar un proyecto educativo que la ubica como una de las alternativas de educación superior más sólidas de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y del país, por generar opciones de calidad para todos los miembros de la comunidad universitaria.

En esta Unidad se forma a profesionistas en tres Divisiones:

- Ciencias Básicas e Ingenierías.
- Ciencias Sociales y Humanidades.
- Ciencias y Artes para el Diseño.

Los programas de posgrado en sus diferentes niveles (especialización, maestría y doctorado) se dirigen a formar investigadores, profesionales y profesores de alto nivel académico que, en distintas áreas del conocimiento, respondan a las necesidades sociales de acuerdo con las condiciones del desenvolvimiento histórico.

Es por ello que constantemente se actualizan la docencia y los planes y programas de estudio, situación posible gracias al papel fundamental de la investigación que se realiza en la Unidad.

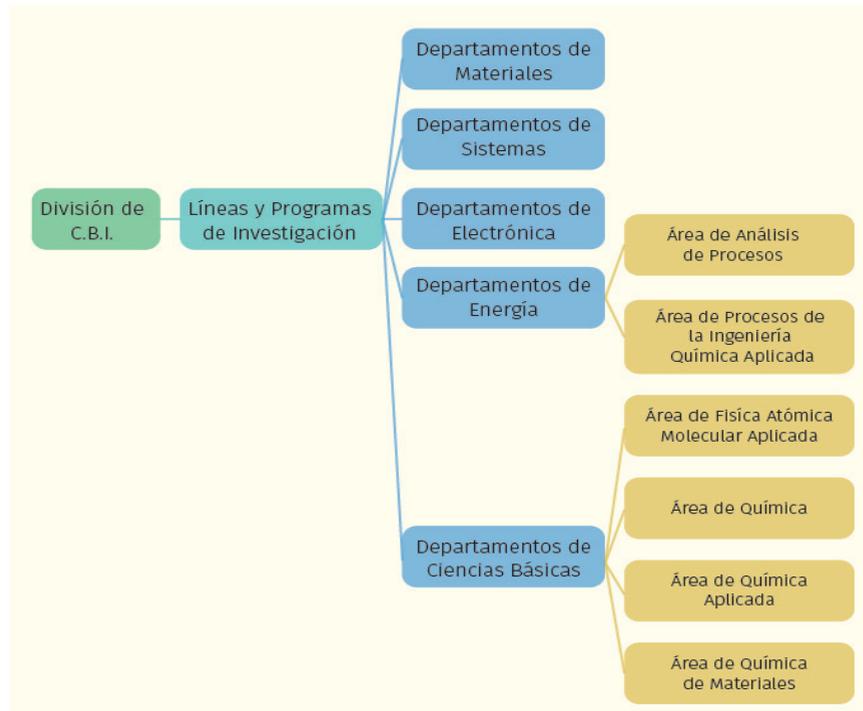
La División de Ciencias Básicas e Ingeniería está integrada por 5 departamentos académicos, y éstos por 30 áreas de investigación y 13 cuerpos académicos. El Departamento de Ciencias Básicas cuenta con 180 profesores de los cuales 20 hacen investigación en catálisis (figura 2).

## Líneas de investigación relacionadas con la catálisis

El origen de los primeros trabajos en catálisis fueron en 1985 en el Área de Química, la cual pertenece al Departamento de Ciencias Básicas. En aquel entonces un grupo de profesores-investigadores de esta institución decidieron establecer como uno de los temas de investigación más importantes la catálisis heterogénea sobre la identificación, caracterización fisicoquímica, modificación y evaluación de propiedades catalíticas y adsorptivas de materiales zeolíticos de origen natural.

Así, al pasar de los años, se desarrolla investigación en catálisis en diferentes áreas de investigación, tanto experimental como teóricamente.

FIGURA 2. Estructura institucional.



A continuación se mencionan las líneas de investigación que hoy por hoy se realizan actualmente en la UAM-A.

- a) *Área de Física Molecular Aplicada:*  
Estructura electrónica de los materiales catalíticos. Dr. Enrique Poulain García y Dr. Oscar Olvera Nería.
- b) *Área de Química:*  
Preparación, caracterización y elaboración de materiales sólidos como catalizadores en reacciones químicas.  
Síntesis de materiales sólidos ácidos y básicos y su caracterización por técnicas espectroscópicas físicas y químicas.  
Síntesis de materiales sólidos y su evaluación catalítica en reacciones de obtención de compuestos orgánicos con actividad biológica y/o inhibidora de la corrosión de aceros Dra. Deyanira Angeles Beltrán y Dr. Guillermo Negrón.
- c) *Área de Química Aplicada:*  
Desintegración catalítica de desechos plásticos.  
Materiales híbridos mesoestructurados (óxidos mesoporosos, MOF's, zeolitas) en reacciones de alto valor agregado. Dra. Julia Aguilar Pliego, Dr. Víctor D. Domínguez Soria, Dra. Virginia González Vélez.  
Síntesis de membranas catalíticas para su aplicación en reacciones de hidrogenación y oxidación selectiva. Dr. Miguel Torres Rodríguez, Dra. Mirella Gutiérrez Arzaluz y Dra. Lidia Pérez López.  
Oxidación de contaminantes orgánicos en fase líquida y gas mediante membranas catalíticas. Dra. Mirella Gutiérrez Arzaluz, Dr. Luis Noreña Franco.
- d) *Área de Procesos de la Industria Química:*  
Producción de hidrógeno a partir de biomasa y fermentaciones. M en E. Leticia Nuño Licona, M en C. Ricardo Luna Paz.  
Producción de acroleína a partir de glicerina. Dr. Jose Luis Contreras Larios, Dr. Ricardo López Medina.  
Termodinámica del equilibrio en reacciones. Dr. Antonio Colín Luna, Dra. Berenice Quintana Diaz, Dr. Alfonso Espitia Cabrera.
- e) *Área de Química de Materiales:*  
Síntesis, modificación y aplicación de materiales sólidos porosos a fenómenos de sorción y catálisis. Dra. Marisela Maubert Franco, Dr. Jorge Flores Moreno, Dr. Isaias Hernández Pérez.

En la división de CBI, en sus departamentos y áreas de investigación se desarrollan proyectos CONACYT:

- Reducción de NO<sub>x</sub> y oxidación de CO por cúmulos bimetálicos pequeños Au-M (M= Ag, Ni, Pt, Pd, Rh) aislados y soportados en óxidos metálicos: teórico *ab-initio*.

- Hidrotalcitas, MCM-41 y zirconia sulfatada funcionalizados como catalizadores híbridos en la síntesis de aminoalcoholes esteroides azanucleosidos y 2-mercaptopbenzoimidazoles.

Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP) con Cuerpos Académicos y Redes.

- Nanotecnología y Calidad Ambiental, donde se ha constituido una Red llamada Catálisis Ambiental.

## Colaboraciones nacionales e internacionales

Los profesores-investigadores han creado colaboraciones con instituciones nacionales e internacionales, las cuales mencionamos a continuación.

A nivel nacional con la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I), con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS, UAEM-UNAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Unidad de Investigación en Catálisis (UNICAT), Facultad de Química (FQ-UNAM), Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, S.C. (CI-MAV), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), ALFA-IDDEAS (Grupo ALFA), Instituto de Química (IQ-UNAM).

A nivel internacional con: Instituto de Catálisis y Petroquímica (CSIC ICP-GTM) en Madrid, Instituto de Tecnología Química-Valencia (ITQ), Instituto de Nanociencias de Aragón en Zaragoza (INA), todas estas instituciones en España. En Francia con el Institut de Recherchers sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon (IRCELYon). En Brasil con la Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). En Argentina con la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), Universidad Tecnológica Nacional en Córdoba (UTN). En Colombia, Universidad de Antioquía-Medellín (UDEA).

Como puede observarse existe un continuo intercambio de ideas y proyectos sobre catálisis en la UAM-A.

## Infraestructura

Como se ha mencionado anteriormente, la investigación que se desarrolla se lleva a cabo en las diferentes áreas de investigación, en donde existen laboratorios para realizar la síntesis, caracterización y evaluación catalítica de los catalizadores. Estos laboratorios se encuentran ubicados en los edificios W(A y B), G, G-bis y O.

La síntesis y evaluación de los diferentes materiales catalíticos se hacen en laboratorios equipados con campanas de extracción, sondas de ultrasonido de alta potencia, rotavapores, hornos, estufas para secado a presión atmosférica y en vacío, medidores de pH, balanzas, recirculadores de agua, controladores de temperatura y de presión, reactores Parr, reactores diferenciales

de lecho fijo de vidrio y de acero. Bombas de vacío y parrillas de calentamiento. Reactor de microondas LabMate, Reactor de microondas CoolMate.

Asimismo, se cuenta con cromatógrafos de gases, Agilen-Varian (figura 3), con detectores FID y TCD, cromatógrafos de líquidos Waters. Cromatógrafo de gases modelo HP 5890 marca Agilent Serie II Plus con detector de masas modo impacto electrónico e ionización química. Cromatógrafo de gases 7890 con método ASTM-2887 para hidrocarburos.

Para la caracterización de los materiales sintetizados se cuenta con equipos como:

- Equipo de fisiorción y quimisorción modelo ASAP 2020 Micromeritics (figura 4).
- Analizador térmico, equipo simultáneo DSC-TGA modelo Q600 SDT, Waters-TA Instruments.
- TPD/TPO/TPR, Bel-Cat.
- Infrarojo Varian FTIR, equipados con cámara catalítica y ATR de diamante.
- Espectroscopía de plasma-ICP.
- Absorción atómica.
- Microscopio electrónico de barrido de alta resolución, SUPRA 55VP, Carl-Zeiss (figura 5).
- Difractómetro de rayos-X de polvos, Philips X'pert pro.
- Resonancia magnética nuclear de líquidos de 400 MHz Bruker.
- Programa deMon2k (Density of Montreal) .
- Cluster con 4 nodos y 8 núcleos Xeon 2.5ghz
- Programa VASP (Viena ab-initio software package).
- Máquina con 64 núcleos AMD 2.3ghz.

FIGURA 3. Laboratorio de Evaluación Catalítica, Área de Química Aplicada.





FIGURA 4. Equipo de fisisorción de nitrógeno ASAP2020, Micromeritis.



FIGURA 5. MEB, SUPRA 55VP, Carl Zeiss.

## Producción científica

Para comunicar los diferentes resultados obtenidos en la investigación sobre el tema en cuestión, en las diferentes instancias de investigación se realizan artículos indizados (JCR) en revistas especializadas de alto impacto, libros especializados, capítulos de libros, y material de divulgación y patentes, estas últimas se tratarán en apartado especial.

Como ejemplo de la producción científica actual, en las áreas de investigación del Departamento de Ciencias Básicas y del de Energía en UAM-A, se listan:

### Artículos

Equilibrium composition of ethanol steam reforming reaction to produce  $H_2$  applied to Ni, Co and Pt/hydrotalcite- $WO_x$  catalysts. (2014). J. L. Contreras, C. Tapia, G. A. Fuentes, L. Nuño, B. Quintana,, J. Salmones, B. Zeifert, I. Córdoba, *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 39, núm. 29, Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable 16608–16618.

Efficient activity of magnesium–aluminium hydrotalcite in the synthesis of amides. (2013). Morales-Serna, J. A, Jaime-Vasconcelos, M. A., García-Ríos, E., Cruz, A., Angeles-Beltrán, D., Lomas-Romero, L., Negron-Silva, G. E., Cárdenas, J., *RSC Advances*, 3(45), 23046-23050.

Catalysts with cerium in a membrane reactor for the removal of formaldehyde pollutant from water effluent. (2016). Gutiérrez-Arzaluz, M., Noreña-Franco, L., Ángel-Cuevas, S., Múgica-Álvarez, V., Torres-Rodríguez, M. S. *Molecules*, 21, 668.

HKUST-1 as a heterogeneous catalyst for the synthesis of vanillin. (2016). Yépez, R., Illescas, J. F., Gijón, P., Sánchez-Sánchez, M., González-Zamora, E., Santillan, R. *et al. J. Vis. Exp.*, (113), e54054, doi:10.3791/54054.

La obtención de acroleína a partir de la deshidratación catalizada de glicerol por medio del empleo de la Teoría de Funcionales de la Densidad (Acrolein extraction from catalytic dehydration of glicerol through Density Functional Theory). (2016). V. D. Domínguez-Soria, J. Aguilar-Pliego. *Superficies y Vacío*, 29(3) 93, septiembre.

The CO oxidation mechanism on small Pd clusters. A theoretical study. (2015). González-Torres J. C., Bertin V, Poulain E., Olvera-Neria O., *J. Mol. Model.*, 21(11): 279, noviembre, doi: 10.1007/s00894-015-2828-5.

### Capítulos en libros

L. Noreña, J. Aguilar, V. Mugica, M. Gutiérrez y M. Torres. (2012). Materials and methods for the chemical catalytic cracking of plastic waste, pp. 151-174, en *Material Recycling –Trends and Perspectives*, Intech, 406 pp., ISBN 978-953-51-0327-1.

Juan Francisco Illescas Salinas, Julia Aguilar Pliego (UAM-A). (2015). Zeolitas y materiales mesoporosos: medicinas para el medio ambiente, en *Catálisis y Medio Ambiente*, Amazon, ISBN-13: 978-151415 4731: ISBN-10: 1514154730.

### Editores de libros

Luis Enrique Noreña, Jin-An Wang (eds.). (2016). *Advanced catalytic materials: Photocatalysis and other current trends*, InTech, 496 pp., ISBN 978-953-51-2244-9, doi 10.5772/60491.

Julia Aguilar P., Luis Cedeño C., Martha Leticia Hernández P., (eds.). (2015). *Catálisis y medio ambiente*, Amazon, ISBN-13: 978-151415 4731: ISBN-10: 1514154730.

### Instrumentos de protección de propiedad intelectual solicitados u otorgados

- WO 2015012676 A1 proceso y equipo para la producción de hidrocarburos por descomposición catalítica de desperdicios plásticos en un solo paso. Inventores; L. Noreña Franco, J. Aguilar Pliego, M. Sánchez Sánchez, M. Gutiérrez Arsaluz, L. A. Villarreal Cárdenas, Andrés Rosas Camacho, A. Cisneros Farías, E. Saldivar Guerra, A. I. de la Peña Mireles, J. R. Infante Martínez, publicación internacional 25/01/2015. Actualmente en explotación por el Grupo ALFA.

## Docencia y formación de recursos humanos

Como bien sabemos uno de los objetivos fundamentales de las universidades es la docencia y la formación de recursos humanos. En la División de Ciencias Básicas se ofrecen 10 carreras, entre ellas ingeniería química, ingeniería física e ingeniería ambiental, de las cuales suelen tenerse el mayor número de estudiantes para proyectos terminales (proyectos de fin de carrera para obtener la licenciatura), así como para tesis de maestría y doctorado. En estas licenciaturas antes mencionadas, se imparten materias relacionadas con las bases para entender la catálisis como termodinámica, balance de materia, entre otras.

Asimismo, en el Posgrado en Ciencias e Ingeniería Línea en Materiales y Línea en Ambientales, se ofrece especialización, maestrías y doctorados, consolidados y dentro del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNCP), por lo cual se otorgan becas a los estudiantes matriculados en dichos posgrados.

En el posgrado se imparten materias a nivel especializado en catálisis como síntesis de materiales, caracterización de materiales y evaluación de materiales, entre otras más. El claustro de profesores-investigadores dirige tesis de los diferentes niveles del posgrado, contribuyendo a la formación de recursos humanos. Este claustro de académicos forma parte de los jurados de tesis, participando en elaboración y modificación de programas de estudio, entre otras actividades.

## Principales logros

Los logros alcanzados en la UAM-A son:

- La existencia de grupos de investigación consolidados, relacionados con el estudio de la síntesis, caracterización, evaluación catalítica de los diferentes materiales catalíticos.  
La creación de laboratorios aptos para desarrollar investigación en catálisis, además de tener los equipos especializados para la caracterización de los catalizadores.
- La consolidación de colaboraciones (redes), nacionales e internacionales para un intercambio de conocimientos, y formas de trabajo.
- La participación activa de los investigadores en diferentes asociaciones académicas como la Academia de Catálisis, la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Membranas, Sociedad Química de México, NACS, entre otras.
- La participación en los diferentes foros en catálisis para compartir los resultados de los proyectos y líneas de investigación.
- La formación de recursos humanos es un logro muy importante ya que como se ha mencionado en la sección de docencia, es uno de los objetivos de las instituciones de educación superior.

Cabe mencionar, que la interacción con grupos industriales como ALFA, entre otros, para la aplicación de sistemas catalíticos, como lo son los aluminosilicatos microporosos en la desintegración catalítica de polímeros, como los plásticos, motiva a los académicos a realizar sus investigaciones en dicha área con más interés.

## Perspectivas

- Es importante incrementar la síntesis de materiales micro y mesoporosos, su modificación postsíntesis para su aplicación en diferentes tipos de reacciones, ya sea con patrones de reacción ácida, básicas y redox (oxidación).
- Aplicar los diferentes materiales catalíticos en reacciones con Biomasa, ya que cada día se pueden obtener compuestos importantes de desechos como aceites usados (biodiesel), aguas contaminadas con compuestos o fármacos (formaldehído, analgésicos, antiinflamatorios, etc.), con glicerol, el cual se obtiene en grandes cantidades como producto secundario del biodiesel, y de *el-glicerol*, se obtienen por diferentes tipos de reacción compuestos de alto valor agregado.
- Continuar con las colaboraciones con grupos industriales para la aplicación de los catalizadores que se desarrollan en los diferentes grupos de investigación en esta institución y así elaborar patentes que puedan ser explotadas realmente.
- Incrementar la colaboración y participación de grupos académicos teóricos con grupos experimentales, pues es necesario el conocimiento que aporten los académicos teóricos para profundizar en el mundo de las interacciones compuestos químicos-materiales catalíticos.

## Sitios de interés

- Página institucional:  
<<http://www.azc.uam.mx>>
- Página de DCVI:  
<<http://cbi.azc.uam.mx>>
- Página de AQA:  
<<http://quimicaaplicada.azc.uam.mx/>>
- Página de LQM:  
<<http://www.azc.uam.mx/cbi/quimica/labmateriales/>>