

100

Comisión Universitaria para los Festejos
de los Cien Años de la Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. José Narro Robles

Rector

Dr. Sergio Alcocer Martínez de Castro

Secretario General

Dra. Estela Morales Campos

Coordinadora de Humanidades

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz

Coordinador de la Investigación Científica

Mtro. Sealtiel Alatraste y Lozano

Coordinador de Difusión Cultural

La UNAM

Tomo 2

Lourdes M. Chehaibar Náder

José Franco López

J. Adolfo García-Sáinz

Alicia Mayer

Coordinación general

por México



Universidad Nacional Autónoma de México
México 2010

LE7
M62
U53

La UNAM por México / Lourdes M. Chehaibar Náder [et al.]
coordinación general. - México : UNAM, 2010.

2 v. : il., cuadros ; 23.5 cm.

"Comisión Universitaria para los Festejos de los Cien Años
de la Universidad Nacional Autónoma de México"

ISBN 978-607-02-1502-5 (obra completa)

1. Universidad Nacional Autónoma de México – Historia –
1910. I. Chehaibar Náder, Lourdes M., ed.

Primera edición: 2010

D.R. © 2010. Universidad Nacional Autónoma de México
Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria
Coyoacán, México, D.F. 04360

www.unam.mx

ISBN 978-607-02-1502-5 obra completa

ISBN 978-607-02-1517-9 tomo 2

Prohibida la reproducción total o parcial
por cualquier medio sin la autorización escrita
del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en México

Imágenes pertenecientes al patrimonio cultural de México

CONACULTA - INAH - MEX

Reproducción autorizada por el Instituto Nacional
de Antropología e Historia.



LA INVESTIGACIÓN

Antecedentes de la Facultad
de Química

La investigación química moderna en México inicia de manera sistemática en la Universidad Nacional, primero como fruto de esfuerzos fundamentalmente personales en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas—fundada en 1916—y después de manera institucional, a partir de la fundación en 1941 del Instituto de Química. Hacia el último cuarto del siglo XX se contaba con grupos de investigación química en

Natividad Macías y Salvador Agraz en la fiesta del segundo aniversario de la Facultad de Ciencias Químicas, el 12 de septiembre de 1922.
FOTOGRAFÍA DE AHUNAM.

estas entidades académicas y a partir de 1996, se incluyen los estudios de posgrado en algunas de esas entidades. El Instituto de Química, entidad académica cuya función esencial es la investigación científica en el campo de la química, se fundó a partir de una iniciativa presentada al Consejo Universitario en 1938 por una comisión encabezada por Antonio Castro, quien fuera rector de la UNAM de 1920 a 1923. Desde su fundación, el Instituto de Química, en colaboración permanente con la Facultad de Química, ha contribuido a la realización de investigaciones y a la formación de nuevos investigadores que han tratado de formar centros de investigación científica a lo largo y ancho de todo el país y han ocupado puestos de trabajo en múltiples empresas y organismos públicos. Es común el desconocimiento en México de

los grandes y destacados hombres y mujeres de la investigación química que han recibido reconocimiento mundial, como es el caso de Luis Ernesto Miramontes Cárdenas, coautor de la patente otorgada en 1951 a la *19 noretisterona*, primera sustancia precursora para la producción sintética de anticonceptivos orales, una de las aportaciones más significativas de la investigación química de la UNAM en el siglo XX, que se realizó en el Instituto de Química. Este hecho da cuenta de las competencias intelectuales de las personas y de las capacidades organizativas de la UNAM. Con esta aportación el control de la natalidad se convertía en algo posible y la explosión

demográfica en algo controlable. Hechos tan significativos fueron posibles a partir de investigaciones que se concretaron en el Instituto de Química, con químicos mexicanos en colaboración con químicos extranjeros prominentes como Carl Djerassi y George Rosenkranz, quienes habrían llegado a México en tiempos de la segunda guerra mundial.

Los químicos mexicanos con mayor trascendencia a nivel mundial posiblemente han sido: Andrés Manuel del Río, español naturalizado mexicano, descubridor del vanadio; Leopoldo Río de la Loza; Luis E. Miramontes, precursor de la píldora anticonceptiva; Jesús Romo Armería, primer químico miembro del Colegio Nacional y Mario Molina, premio Nobel de Química 1995; estos dos últimos egresados de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Uno de los grandes maestros y líderes de la química en la UNAM y en México fue el doctor Jesús Romo Armería, quien fue el primer químico en formar parte del Colegio Nacional, sus aportaciones han sido referidas por múltiples autores desde sus primeras publicaciones hasta la actualidad. Prácticamente todos los grandes investigadores de la UNAM, que actualmente dan continuidad en el campo de la química orgánica, fueron discípulos suyos. Entre tantos se encuentra el doctor Alfonso Romo de Vivar y Romo, investigador emérito de la UNAM.

Otros grandes químicos mexicanos formados en la Universidad Nacional, destacados por las aportaciones de sus trabajos, e ilustrados profusamente en trabajos más amplios, son Alberto Sandoval Landázuri, Jesús Romo Armería, José F. Herrán Arellano, Tirso

cados en México y en el extranjero en universidades y en centros de investigación privados, así como en el sector industrial.

Igualmente han sido muy significativas, pero poco difundidas en México, las aportaciones al conocimiento químico mundial que han provenido de la UNAM, en ramas como la química de los productos naturales; mucho antes de que se ocupara la atención pública hacia temas como la biodiversidad, la ecología y los alimentos naturales.



Ríos Castillo, Lydia Rodríguez Hahn, Jacobo Gómez Lara, Raúl Cetina Rosado, Alfonso Romo de Vivar, Javier Padilla Olivares, José Luis Mateos Gómez, Fernando Walls Armijo, por citar algunos, asumiendo que se omite a muchos más en esta breve exposición.

Desde hace muchos años, La Universidad Nacional ha mantenido relación con importantes empresas de diversos ramos industriales: farmacéutico, de alimentos, de materiales y de todos los ramos de la química en general. Fue particularmente relevante la colaboración con los laboratorios Syntex, de cuya relación se derivaron importantes investigaciones. Sería motivo de una discusión amplia las razones por las que no se han incorporado más investigadores de la química a la industria nacional. Algunos de los investigadores formados en la UNAM han tenido desempeños desta-

A lo largo de toda la historia de las aportaciones de la UNAM a la vida de México, se llega en 2008 al establecimiento conjunto con la Universidad Autónoma del Estado de México, del primer Centro de Investigación en Química Sustentable que se crea con ese propósito en el país y que es precursor en América Latina. El futuro de la sustentabilidad del planeta yace, en buena parte, en la química, por lo que es una aportación significativa de la UNAM la atención a la química del futuro, la de mínimo impacto ambiental y la

restauración de los ecosistemas. En este trabajo se presentan de manera sucinta algunos sucesos, temas, y personas que por sus aportaciones han dado relevancia nacional y mundial a la UNAM y a México en el ámbito de la investigación química.

Antecedentes históricos en México

La investigación química en la Universidad Nacional de México fue escasa como tal en los primeros años de su fundación en 1910. Las acciones de extensión de la aplicación de los conocimientos de química se dieron en la Escuela Nacional de Química Industrial, fundada en 1916. Durante las décadas de los diez y los veinte del siglo pasado las acciones de los químicos estuvieron dirigidas a la formación de los profesionales que necesitaba el país en los tiempos de la Revolución mexicana y la primera guerra mundial.

Las acciones de investigación habían quedado relegadas en el México porfirista, después del alto nivel conseguido en la investigación química por personas como Andrés Manuel del Río (1764-1849, español radicado en México, descubridor del elemento químico vanadio (no reconocido como tal en la comunidad internacional y vuelto a nombrar en Europa como vanadio), Leopoldo Río de la Loza (1807-1876), primer mexicano en obtener oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono en el laboratorio, y antes de ellos, Vicente Cervantes (1755-1829) traductor al español del primer *Tratado de química* de Lavoisier, antes de que se tradujera en España. Se debe mencionar también las aportaciones de Fausto de Elhuyar (1783-1835), descubridor del tungsteno y fundador del Colegio de Minería de México, quien ordenara la construcción del Palacio de Minería; anterior aun fue la creación del método de beneficio de patio, por Bartolomé de Medina (1497-1585), usado en Pachuca para la amalgamación de plata, aplicado en todo el mundo por más de 300 años. Los anteriores son mencionados sólo como ejemplos de los muchos hombres que superaron condiciones precarias para obtener grandes resultados.

Río de la Loza realizó diversas investigaciones en química, una de ellas fue el aislamiento en forma pura de un metabolito secundario, una quinona sesquiterpénica (con quince átomos de carbono), a la que denominó ácido pipitzahoico, por haber sido extraído de la raíz de la planta pipitzahoac (*Perezia adnata*), logrando el aislamiento del primer producto natural en nuestro país. Posteriormente el ácido pipitzahoico sería caracterizado no como ácido carboxílico sino como una quinona, denominada perezona. Esta última ha motivado muchos estudios. Su estructura fue descrita incorrectamente, pero modificada y corregida en 1965 y fue un elemento importante de las primeras aplicaciones de la resonancia nuclear magnética en México.

La enseñanza de la química a finales del siglo XIX se encontraba inmersa en áreas de aplicación industrial, y vinculada con la minería y la medicina. Fue hasta los primeros años del periodo revolucionario cuando se institucionalizó como disciplina científica.

En 1916 se funda la Escuela Nacional de Industrias Químicas, por iniciativa de Juan Salvador Agraz. En 1919, el rector de la Universidad Nacional, José N. Macías, designó a Adolfo P. Castañares director de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, farmacéutico egresado de la Escuela Nacional de Medicina, quien realizó estudios de posgrado en la Universidad de Charlotemburgo, Alemania. Castañares trasladó la carrera de farmacia a la entonces Escuela de Química e invitó a sus compañeros Roberto Medellín, Ricardo Caturegli, Juan Manuel Noriega y Julián Sierra a incorporarse a la misma; impulsó el mejoramiento de los laboratorios, dotándolos de equipo e incorporó nuevas técnicas de análisis. Él mismo ya había recibido una invitación de Agraz para impartir el curso de química orgánica. Castañares y los farmacéuticos mencionados tuvieron un papel importante al impartir las clases de química en los siguientes años.

En 1921 se creó la Secretaría de Educación Pública y José Vasconcelos, quien fue designado titular, designó a Roberto Medellín como Jefe de Escuelas Técnicas, quedando en su lugar Julián Sierra como director de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas.

Paulatinamente se incorporaron como profesores de química y farmacia, Fernando Orozco, que impartió la clase de análisis cuantitativo, Francisco Díaz Lombardo, la de análisis cualitativo, Alfonso Romero la de química inorgánica y Marcelino García Junco la de química orgánica. Este último escribió durante sus clases —en 1925— la obra *Curso de operatoria de química orgánica*, primer libro sobre ese tema escrito en México por un químico mexicano, mismo que fue empleado en la docencia. En 1927 el entonces director de la escuela, Ricardo Caturegli dejó el cargo, ocasionando una profunda crisis que duró hasta 1935, año en que ocupó la dirección Fernando Orozco.

En 1929 se logró la autonomía de la Universidad Nacional y se generaron una gran cantidad de cambios en la estructura y organización de las Escuelas. Ocurre también en la década de los treinta la integra-

las compañías extranjeras. (citado en Cárdenas y Palomares, 2006: 10)

Se vislumbró entonces la necesidad de contar con mayor conocimiento de los recursos del país. El doctor en química Fernando Orozco, director de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, había iniciado investigaciones en estos temas, incluso antes de la fundación del Instituto de Química.

El rector Gustavo Baz inició acciones para impulsar la investigación al convocar a investigadores de prestigio a fortalecer estas actividades. En 1939 llegó a México, invitado por La Casa de España, Antonio Madinaveitia, académico de la Universidad de Madrid, quien se encontraba en Francia exiliado por la guerra civil en España.

Diez años antes de la fundación del Instituto de

investigación. Fue así que el Consejo Universitario creó una comisión integrada por cuatro eminentes universitarios: el abogado Antonio Caso, el geofísico Ricardo Monges López, el biólogo Isaac Ochoterena, y el físico Alfredo Baños, para proponer la creación de institutos de investigación científica en donde se incluiría el de química. La propuesta presentada se aprobó el 19 de octubre de ese año.

Tal como lo refiere Axel Didriksson:

La química se volvió una disciplina paradigmática durante esa década de los treinta, sobre todo porque el 18 de marzo de 1938 el presidente Lázaro Cárdenas decretó la expropiación petrolera, después de una huelga de trabajadores de esa industria y de la decisión de la Suprema Corte de Justicia en contra del amparo promovido por

lo de Richard Willstätter, quien fuera premio Nobel de Química en 1913.

El doctor Madinaveitia se incorporó a la investigación, impartió cursos e hizo trabajos de extensión; sus reportes indican estudios de

los problemas químicos relacionados con los lagos mexicanos productores de tequesquite, ampliando los estudios, además del Lago de Texcoco, a los de Sayula, Cuitzeo, Yuriria, llanos de San Juan y otros. Estudió el aceite de jojoba logrando su endurecimiento, y aisló la sesamina del aceite de ajonjolí. (Enríquez Perea, 2000: 97)

Años después participó en la creación de la Empresa Sosa Texcoco, en donde el doctor Madinaveitia continuó su labor profesional. Así dio inicio la gran días

pora con que la Universidad ha proveído a la nación entera para su desarrollo.

Durante el primer cuarto del siglo XX, algunos de los mejores estudiantes egresados de la UNAM consiguieron becas para hacer estudios superiores en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania, entre los principales países de destino.

Inicios de la investigación química en la UNAM

Un proyecto hecho realidad fue la creación del Instituto de Química de la UNAM, a partir del cual se inició la primera etapa de la institucionalización de la investigación química en la Universidad, ahí se dio particular atención a la cuidadosa formación de jóvenes, mediante su participación en los proyectos de investigación. Se contribuyó de esa manera a la integración de grupos de investigadores que hicieron posible la creación posterior de diversos centros de investigación química en todo el país. Así se crearon centros de investigación química en las instituciones de educación superior más grandes del país y en otras instituciones más chicas. De la misma manera se participó en el fortalecimiento de los requerimientos de investigación química del sector privado y de algunas áreas de gobierno.

En 1941, el entonces rector de la Universidad, licenciado Mario de la Cueva, recibió en calidad de donación del Colegio de México, antes La Casa de España, por conducto de su presidente don Daniel Cosío Villegas, el nuevo edificio construido para el Instituto de Química, con el propósito de vincular los conocimientos químicos con el desarrollo nacional. El 4 de abril de ese año, el doctor Fernando Orozco, director de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, tomó posesión también como primer director del instituto, y declaraba entonces: “el trabajo de esta unidad de investigación universitaria tiene que relacionarse firmemente a la solución de los problemas nacionales desde el referente de la química, y auspiciar

la formación experta de sus investigadores al más alto nivel” (León, Tamariz y Cuevas, 2009: s.p.).

En 1954, con la inauguración de la Ciudad Universitaria, el instituto tuvo sus nuevas instalaciones en la denominada Torre de Ciencias, y en 1977 se mudó a su sede actual, en el circuito de la investigación científica.

Fernando Orozco, doctorado en la Universidad de Marburgo, bajo la dirección del profesor Andreas Strecker, en la especialidad del análisis cuantitativo de metales, impartió durante más de veinte años la cátedra de análisis cuantitativo en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, además de ser su director. Ocupó altos puestos en la industria y en el sector público, como el de responsable de la sección de química de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC). En los años posteriores a la expropiación del petróleo fue asesor de Pemex en materia de petroquímica y fabricación de tetraetil de plomo, antidetonante para gasolinas que no era posible importar a causa del boicot internacional impuesto a México en esa época.

El objetivo central del Instituto de Química era y es la investigación, que además se presenta como el medio idóneo para formar estudiantes, que una vez maduros serían parte fundamental de la propagación de la química en México. A principios de la década de los cuarenta destacaron, por su dedicación y creatividad, algunos alumnos como Alberto Sandoval Landazúri (1918-2002), Octavio Mancera Echeverría (1919-2004), José Iriarte Guzmán (1921-2005), Jesús Romo Armería (1922-1977), Humberto J. Flores Beltrán del Río (1925-1991), Humberto Estrada Ocampo (1913-1989) y José F. Herrán Arellano (1915-1983). En 1949 se incorporó Luis E. Miramontes Cárdenas (1925-2004) y en 1952 Cristina Pérez Amador (1922). Todos ellos se acercaron al instituto para preparar su tesis de licenciatura con los doctores Madinaveitia y Orozco y posteriormente se convirtieron en pilares de la investigación química en México.

Fernando Orozco invitó a Sandoval a trabajar como ayudante de investigador, por lo cual tuvo que acelerar

su trabajo de tesis *El ítamo real como curtiente*. Durante esta etapa fue común que Fernando Orozco y otros maestros de la escuela invitaran a los alumnos con mayor dedicación y talento para realizar su trabajo de tesis en el instituto. La tesis de Jesús Romo se denominó "Análisis químico de los productos de fermentación del maguey". José Iriarte se tituló con la tesis "Contribución al estudio de la esencia de trementina de algunas especies de pinos de México", y Humberto J. Flores, con el tema "Cuanteo volumétrico del mercurio en compuestos orgánicos". Estas tesis se realizaron durante los primeros nueve años de vida del instituto y fueron dirigidas por los doctores Madinaveitia y Orozco, excepto la de Alberto Sandoval, que fue dirigida por el doctor Laszlo Zechmeister. En 1947, Sandoval fue el primer estudiante en recibir

derivado de su tesis se publicó el artículo "Mexicanina E, Una lactona sesquiterpénica", en el boletín del instituto, que correspondía a la traducción al español del original publicado en *The Journal of the American Chemical Society*. Este es, tal vez, el primer artículo mexicano publicado en dicha revista, una de las más prestigiadas revistas de química del mundo y cabe destacar que fue la contribución de un estudiante de licenciatura de la UNAM.

Los primeros estudiantes de la Escuela de Graduados se fueron incorporando a actividades de docencia en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, sin dejar de lado sus actividades de investigación en el instituto. Por ejemplo, los profesores Jesús Romo, Humberto Estrada, José Iriarte y José F. Herrán impartían la clase de química orgánica acíclica y quími-

el grado de doctor en la especialidad de química por la UNAM. Muchos de los trabajos de tesis de licenciatura o de grado constituyeron aportaciones relevantes al conocimiento de la época.

En 1949 Humberto Estrada y Jesús Romo obtuvieron el grado de doctor en ciencias por la UNAM, mientras que José F. Herrán lo hizo en 1952. Además de los trabajos antes descritos, Jesús Romo realizó investigaciones sobre la Hidrogenación catalítica de la 1,2-Benzo-9,10-antraquinona. Algunos derivados de la 2-hidroxi-1,4-naftoquinona; y José F. Herrán realizó La síntesis del 1-etil-2,5-dimetil-8-metoxi-fenantreno y el rearrreglo dienona-fenol en las $\Delta^{1,4}$ dien-3-onas esteroidales.

Alfonso Romo de Vivar se graduó de licenciatura en 1961 bajo la dirección del doctor Jesús Romo. De-

ca orgánica cíclica, así como los laboratorios respectivos. En 1944 se seguía el manual de *Prácticas de química acíclica* de Humberto Estrada, el cual incluía 27 actividades experimentales, entre las que destacan: análisis cuantitativo orgánico, resinas sintéticas, acetato de etilo y la síntesis de la urea, entre otras prácticas.

Syntex en el escenario de la investigación aplicada

En 1947, George Rosenkranz se acercó al Instituto de Química para buscar investigadores que colaboraran en el proyecto empresarial de Syntex, al que rápidamente se incorporó Jesús Romo. Más tarde, en 1949,

también se incorporaron Octavio Mancera y José Iriarte. A principios de los años cincuenta Syntex era la empresa líder a nivel mundial en la producción de hormonas esteroidales; ahí los químicos mexicanos colaboraron al lado de los destacados doctores en química como George Rosenkranz, Carl Djerassi, Esteban Kaufmann y Juan Pataki.

Esta colaboración resultó ser el acontecimiento que revolucionó a la industria farmacéutica mundial. Los laboratorios Syntex se fundaron en 1944 con el objetivo central de producir hormonas esteroidales. El éxito se inició con la extracción de diosgenina a partir de plantas del género *Dioscorea*, con la participación de investigadores del Instituto de Química. Industrialmente se empleó una planta llamada barbasco, abundante en las selvas de Tabasco y Chiapas, de la especie



Dioscorea composita; a través de este proceso, en 1960 la fabricación de esteroides o de intermediarios esteroidales de México representaba el 75 por ciento de la producción mundial total. El impacto sobre el mercado mundial fue relevante: la progesterona que costaba 80 000 dólares por kilogramo en 1944, pasó a costar 150 dólares.

Jesús Romo, Enrique Batres, Octavio Mancera y José Iriarte, junto con el grupo de investigación de Syntex, sintetizaron la cortisona a partir de la diosgenina, bajo la coordinación de Rosenkranz. De manera paralela, la cortisona fue adicionalmente sintetizada a partir de la hecogenina extraída del henequén o sisal (*Agave sisalana*).

La relación académica entre el Instituto de Química y Syntex fue sumamente exitosa, el instituto con-

formó sus equipos de investigación en los diferentes laboratorios, en uno de ellos trabajaba José F. Herrán con su alumno Javier Padilla; en otro laboraban los doctores Jesús Romo y Humberto Estrada, así como los químicos José Iriarte y Luis E. Miramontes, además de alumnos como Armando Manjarrez, José Luis Mateos y Pascual Aguinaco. En la planta alta del edificio se encontraba Alberto Sandoval con su colaboradora la química Noemí Monroy y su alumno Fernando Walls. En 1949 colaboraban con Fernando Orozco como investigadores los doctores Alberto Sandoval, Octavio Mancera, Jesús Romo, Humberto Estrada y los químicos José Iriarte, José F. Herrán y Humberto J. Flores, quienes tenían nombramientos de investigadores científicos.

El esfuerzo y entusiasmo de la comunidad académica



del Instituto de Química (IQ) fueron reconocidos rápidamente por la comunidad científica mundial. Alberto Sandoval, en colaboración con el doctor Laszlo Zechmeister, publicó en el *Journal of the American Chemical Society* el artículo: "Some Spectroscopic Changes Connected with the Stereoisomerization of Diphenylbutadiene" y la tesis doctoral de José F. Herrán, "The synthesis of 1-ethyl-2,5-dimethyl-8-methoxyphenanthrene", fue publicada en el *Journal of Organic Chemistry*, en 1951.

Algunas investigaciones importantes del instituto se plasman en las tesis de los alumnos; así, en 1950 el doctor Jesús Romo dirige la tesis de Miguel Romero intitulada "Hidrogenación con níquel Raney de algunos compuestos sulfurados"; en 1952, Alberto Sandoval dirigió la tesis "Experimentos en la serie de la

colestatrienona”, de Fernando Walls y el químico José Iriarte, en 1952, dirigió el “Estudio del aceite esencial de *Calamintha macrostema*”, de Armando Manjarrez.

Noretindrona, el primer anticonceptivo oral

Durante el proceso de colaboración del Instituto de Química con la empresa Syntex se puede destacar la investigación que realizó Luis E. Miramontes, para lograr la síntesis de la 19-nor-17- α -etinitestosterona, conocida comercialmente como noretisterona o noretindrona, patentada por el grupo formado por Djerassi, Rosenkranz y Miramontes. Este compuesto constituyó la materia prima para el primer anticon-

reconocimientos que ha recibido son los siguientes: fue uno de los 40 descubrimientos más importantes registrados en el Departamento de Patentes de Estados Unidos entre 1794 y 1964; una de las 17 moléculas más importantes en la historia de la humanidad, nominada como una de las invenciones más importantes en los últimos 2 000 años; la invención vigésima sexta más importante de todos los tiempos determinada por la SCENTA, una iniciativa de The Engineering and Technology Board del Reino Unido; la Academia Mexicana de Ciencias denominó la invención como la contribución mexicana más importante a la ciencia mundial en el siglo XX; una de las diez sustancias más importantes y revolucionarias en toda la historia del hombre por la Revista *Galileu* de Brasil.

Tiempos de formación y consolidación

El impulso más grande y significativo para la consolidación de la investigación química en México tuvo lugar con Alberto Sandoval Landázuri como segundo director del instituto, quien estuvo en ese cargo durante 18 años, de 1953 a 1971.

Alberto Sandoval creó y mantuvo durante 22 años la publicación del *Boletín del Instituto de Química*, con reconocimiento mundial, mucho antes de que el mundo editorial de la ciencia hiciera prácticamente obligatoria la publicación en inglés. Sandoval tuvo siempre el espíritu de cooperación con diversas instituciones, públicas y privadas, académicas de la UNAM y externas; su estrecha amistad con Carl Djerassi hizo posible un apoyo directo de los laboratorios Syntex

tas, que consideré debía de seguir para lograr el resultado óptimo de acuerdo a mi capacidad. También rechacé, en sus meros principios, cuando en alguna ocasión se propuso mi nombre para ocupar puestos honoríficos como el Colegio Nacional —o para recibir reconocimientos como el Premio Nacional de Ciencias.

Destacó:

la espontánea ayuda que ha prestado el doctor Fernando Walls, quien no ha tenido objeción en dedicar gran parte de su tiempo a favor del bienestar del Instituto, ayudando en la planeación de la importación de sustancias y equipo; en la edición del Boletín, etcétera. (Cárdenas y Palomares, 2006: 276)

La doctora Pilar Rius hizo una importante observación para estos primeros tiempos y los de consolidación:

Durante las décadas de los cincuenta y los sesenta, con el apoyo científico del Instituto, la industria farmacéutica mexicana llegó a abastecer el 80 por ciento del mercado mundial de hormonas y esteroides, a un costo mil veces menor que el de los años precedentes, colocando a México en la vanguardia de la ciencia en este campo y realizando al mismo tiempo una de las obras de mayor trascendencia social de todos los tiempos en materia de servicios médicos y de la salud. (Rius, 1987)

de las primeras generaciones de posgraduados de la facultad, quienes se unieron a los recién llegados jóvenes académicos con estudios doctorales en el extranjero para dar inicio a la investigación competitiva que se desarrolla hasta nuestros días en áreas específicas como la química orgánica, inorgánica, productos naturales, química teórica, fisicoquímica, química farmacéutica, y otras. La Facultad de Química es un gran polo de productividad científica en las diversas especialidades de la química y es la institución más importante del país en la formación de personas capacitadas para el desarrollo de las diversas especialidades en esta disciplina.

Química de productos naturales

En la investigación química en México siempre ha estado presente el estudio de los diversos organismos que forman parte de la biodiversidad mexicana, fundamentalmente plantas y en menor proporción algunos organismos marinos e insectos. Al ser México uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, este tipo de investigación es de importancia prioritaria, desde el punto de vista académico, farmacéutico, industrial y, adicionalmente, para tomar mejores decisiones en política de conservación de nuestros recursos naturales. Baste mencionar que de las 250 000 plantas conocidas por la humanidad, el 12 por ciento crece en nuestro país, de estas 30 000 especies se estima que un 10 por ciento tiene algún uso medicinal, aunque actualmente se desconoce el total de plantas útiles de nuestro país. Además de un elevado número de especies vegetales, existen grupos con un porcentaje de endemismo que alcanza el 80 por ciento.

Los investigadores del Instituto de Química han estudiado hasta ahora aproximadamente 500 plantas y aunque esta cantidad está muy lejos del total de las que crecen en México, representa sin embargo la aportación más importante en el nivel nacional para el conocimiento de nuestra biodiversidad química. Los investigadores en productos naturales del Instituto de

Campos específicos de conocimiento

Alrededor de la década de los sesenta, ocurre el fortalecimiento y la consolidación de la investigación de la química en México, principalmente en el Instituto de Química de la Facultad de Química de la UNAM, así como en el Instituto Politécnico Nacional. Se consolidan los grupos de investigación en química orgánica y en productos naturales, se da inicio sistemático a la investigación en otros campos como la química inorgánica y la fisicoquímica.

Una vez consolidada la investigación química moderna en el Instituto de Química, era importante la transformación de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas en Facultad de Química. Con una visión amplia, el maestro Manuel Madrazo Garamendi fundó en 1965 la División de Estudios Superiores, convirtiendo así a la escuela en Facultad de Química. Con ello se dio un impulso definitivo a la investigación química en la UNAM; además de las capacidades del Instituto. Algunos de los investigadores del instituto cambiaron su adscripción a la facultad con el propósito de fortalecer e incrementar la investigación en la institución; en este caso estuvieron los doctores Herrán, Mateos, Padilla y Estrada; se inició así la formación

Química han publicado 847 artículos sobre el tema, desde su fundación hasta el año 2007, y han aislado y caracterizado más de 3 500 sustancias de origen natural.

A lo largo de casi 67 años de trabajo ininterrumpido, los objetivos y orientación de los estudios realizados por la UNAM en la química de los productos naturales, tanto en el Instituto de Química como en la Facultad de Química, han evolucionado, aunque el eje central de estas investigaciones ha sido el aislamiento y la elucidación estructural por métodos químicos y espectroscópicos de los productos naturales (metabolitos secundarios); también se han realizado estudios de evolución química, biogeografía, de reactividad química, incluidas las transformaciones biomiméticas, y en tiempos recientes se ha dedicado una importante cantidad de esfuerzo en la búsqueda de

nifiesto que son productoras de grandes cantidades de saponinas esteroidales (esteroides glucosidados). En el caso particular de la *Yucca filifera* se encontraron concentraciones muy elevadas de este tipo de esteroides glucosidados en las semillas, localizadas en una parte de la planta en la que debido a su naturaleza son abundantes y que pueden ser recolectadas sin dañar otros órganos de la planta. Se realizaron análisis químicos de las semillas maduras de distintos poblaciones de esta especie provenientes de diferentes estados de la República mexicana y en diferentes años y se encontró que la concentración de saponinas esteroidales variaba en forma poco significativa.

Los estudios cromatográficos de la saponina indicaban que se trataba de una sola sustancia, lo cual era muy inusual, pero tenía una enorme ventaja pensando en el posible uso de esta planta como fuente de mate-

Aislamiento de las saponinas esteroidales de Yucca filifera y su transformación en esteroides. Una revisión de las primeras publicaciones del instituto pone de manifiesto la relación entre las líneas de investigación y la estrecha colaboración con Syntex para la obtención de hormonas esteroidales. Si bien esta relación fue de vital importancia y ha sido señalada en múltiples ocasiones, deben destacarse los estudios de *Yucca filifera* que permitieron el aislamiento de materias primas esteroidales y cuya manipulación química permitió la obtención de esteroides de importancia farmacéutica.

La *Yucca filifera* o palma china se encuentra principalmente en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila y Nuevo León. En estudios realizados en otras especies de este género se había puesto de ma-

tancia de un alto valor comercial ya que permite obtener una gran cantidad de derivados importantes para la industria farmacéutica, tales como los corticosteroides y las hormonas anticonceptivas.

Este proyecto fue llevado a escala piloto y tenía una serie de características que lo perfilaban como una aportación única, de trascendencia económica y que además aportaba beneficios sociales muy claros, ya que la *Yucca filifera* crece en regiones donde viven personas con bajos recursos y su cultivo hubiera sido de beneficio para ellos. Es importante también señalar que este proyecto, desarrollado en los años setenta, se llevaba a cabo en una etapa cuando el consumo de materias primas esteroidales llegaba a ser de un millón de kilogramos anuales (1968), de los cuales el 86 por ciento eran de origen vegetal, siendo el barbasco mexicano hasta entonces la materia prima más rica en pre-

cursores de esas sustancias—. Debido a la elevación del precio de esta materia prima, en el mundo se buscaron alternativas, entre ellas el uso de estigmasterol —obtenida del frijol de soya en Estados Unidos— y de la hecogenina obtenida del sisal africano. Se hicieron estudios en otras especies vegetales, sin embargo el porcentaje de materia prima era cuando mucho de un 3 por ciento, muy inferior al de la *Yucca filifera*. Las razones por las que este proyecto no siguió adelante están fuera del ámbito académico y obedecen aparentemente a razones de tipo económico.

Las lactonas sesquiterpénicas constituyen uno de los grupos de metabolitos secundarios mejor conocidos por los químicos de productos naturales. Se aíslan frecuentemente en la familia de las compuestas (*Asteraceae*, *Asterae*). Esta familia es una de las más evolucionadas que existen y se estima que está constituida por aproximadamente 20 000 especies distribuidas en todo el mundo. Como es frecuente, debido a la geografía de nuestro país, México es uno de los centros de diversificación más importantes de esta familia. Debido a la gran cantidad de especies los botánicos han tenido que dividir esta familia en 13 grupos, denominados “tribus”, tomando en cuenta sus características morfológicas. Esta clasificación sufre cambios frecuentes debido a que en ocasiones las diferencias entre algunas especies son muy sutiles, es debido a esta característica que el uso de las lactonas sesquiterpénicas como marcadores taxonómicos en esta familia ha sido de gran utilidad.

La quimiotaixonomía, es decir, el uso de productos naturales como elemento para la correcta clasificación de un organismo, ha sido aplicada ampliamente utilizando a las lactonas sesquiterpénicas.

La aportación más distintiva de la UNAM es posiblemente el aislamiento y elucidación estructural de un gran número de lactonas sesquiterpénicas, principalmente de la familia de las compuestas. En esta actividad han participado casi la totalidad de los investiga-

dores de productos naturales de la UNAM, en alguna etapa de su desarrollo profesional, e incluso muchos destacados investigadores de otras áreas de la química han tenido su primer contacto con la investigación en el estudio de plantas de esta familia. Tomando como ejemplo al Instituto de Química, del total de trabajos publicados en el campo de los productos naturales a lo largo de su historia (847 hasta el año 2007), el 24 por ciento están relacionados con aspectos de aislamiento, de determinación estructural o de uso quimiotaixonómico de lactonas sesquiterpénicas. La aportación de la UNAM no se limita únicamente a los rubros señalados, también incluye la evaluación biológica de algunas lactonas sesquiterpénicas y transformaciones biomiméticas que han aportado datos experimentales importantes para entender la biogénesis de algunas de estas sustancias.

Las lactonas sesquiterpénicas no se encuentran únicamente en las compuestas, están distribuidas en otras familias de plantas. Justamente la primera publicación sobre este tema, en 1954, es sobre el aislamiento de la iresina, una lactona sesquiterpénica de la planta *Iresine celosioides* de la familia del amaranto (*Amaranthaceae*).

Los trabajos que podríamos calificar como “clásicos” en esta área fueron publicados a finales de la década de los cincuenta y durante la década de los sesenta. El estudio del *Helenium mexicanum* puede considerarse como el inicio de la contribución mexicana al estudio de las lactonas sesquiterpénicas de las compuestas. Como resultado de este estudio se aisló la helenalina y una serie de sustancias denominadas mexicaninas. Posteriormente se han estudiado una importante cantidad de géneros de compuestas, tales como: *Artemisia*, *Cacalea*, *Ambrosia*, *Parthenium*, *Zaluzania*, *Stevia*, *Brickellia*, *Hymenoxis*, *Achillea*, *Montanoa*, *Calea*, *Zinnia*, *Viguiera*, *Zexmenia*, *Eupatorium*, *Baccharis*, *Verbesina*, *Tagetes*, *Tithonia*, *Tetragonotheca*, *Vernonia*, *Ageratum*, *Schkuhria*, *Melampodium*, *Piqueria*, *Pluchea*, *Perymenium*, *Gochnatia*, *Isocarpha*, *Bahia*, *Epaltes*, *Senecio* y *Roldana*, entre los más estudiados.

Los resultados de estas investigaciones han sido publicados en las revistas más importantes relacionadas con la química, tales como *Journal of the American Chemical Society*, *Journal of the Organic Chemistry*, *Tetrahedron*, *Tetrahedron Letters*, *Journal of the Chemical Society*, *Phytochemistry*, *Journal of Natural Products*, *Planta Medica*, *Helvetica Chimica Acta*, *Chemistry and Biodiversity*, entre las más relevantes. Es importante mencionar, sin embargo, que un número significativo de trabajos fueron publicados en el *Boletín del Instituto de Química* y en la *Revista Latinoamericana de Química*.

Trimerpenos de sesterterpenos de la familia de los labiales: el género Salvia. Los sesterterpenos son un grupo muy poco abundante de productos naturales cuya base estructural son 25 átomos de carbono, es decir 5 unidades isoprenílicas. Hasta el año 2006 se habían aislado y descrito más de 150 sustancias de este tipo, siendo *Salvia* una de las naturalezas aclichas más importantes en la producción es relevante a este tema. Este género ha estado presente en los trabajos de investigación de la UNAM desde su creación en 1969 y en las décadas siguientes se ha aislado lo que contribuyó de forma importante a la química de estas sustancias muy poco estudiadas en esa época.

Los trabajos publicados versaron sobre la composición química de la cera producida por el insecto *Ceroplastes albolineatus*. Si bien este tema no ha sido posteriormente desarrollado en la UNAM, sí constituye una aportación de trascendencia mundial.

Labiales: Labium y Labium de la familia de los labiales: el género Salvia. Las labiadas (*Labiatae*, *Lamiaceae*) es un grupo de plantas muy difundido y diversificado constituido por unos 224 géneros y cerca de 4000 especies. Crecen en los trópicos y en las zonas templadas. Las áreas de mayor diversificación en el mundo son la zona mediterránea, Asia central, las islas del Pacífico, y las regiones tropicales de África, China y México. Una de las características más distintivas de esta familia es la presencia de glándulas de aceites

esenciales, ricas en terpenos, en el envés de las hojas de un gran número de especies, por lo que se les conoce como una familia de plantas “aromáticas”. Como consecuencia de esto un gran número de estas plantas son usadas en todo el mundo como medicinales o activos de alimentos, aunque es importante señalar que también las raíces de algunas especies pueden tener usos medicinales.

El género *Salvia* es el más numeroso de esta familia, con cerca de 900 especies en el mundo, de las cuales aproximadamente el 35 por ciento crece en México, por lo que nuestro país es considerado el centro de diversificación más importante de este género. Por esa razón no resulta raro que las salvias mexicanas hayan sido objeto de estudio en la UNAM. El perfil químico encontrado para estas plantas es muy constante. Se han aislado fundamentalmente esteroides, flavonoides, triterpenos—en su forma oxidados— y diterpenos. Entre ellos cabe mencionar que se ha aislado el que constituye el principal componente de la esencia de la salvia mexicana, el que fue descrito en 1969 por el primer estudio de este género en la UNAM. Este compuesto se ha estudiado para llevar a cabo estudios farmacológicos en animales y en humanos.

En el presente se describe el primer aislamiento de un nuevo diterpeno que posee un esqueleto de clerodano. Hasta la fecha más de 125 nuevos diterpenos con esqueleto de clerodano han sido aislados y caracterizados en nuestra Universidad, y la mayor parte del conocimiento de la composición química de estas plantas en el continente americano es producto de estas investigaciones.

Aunque el primer estudio de salvias en México fue realizado en 1947, el primer trabajo sobre diterpenos en estas especies fue publicado en 1973 y se refiere al aislamiento y elucidación estructural del ácido melisodórico a partir de la *Salvia melissodora*. Sin embargo fue hasta 1985 que se inició un estudio sistemático de estas plantas, el cual continúa actualmente. La trascendencia de este proyecto puede evaluarse tomando en cuenta las casi cien publicaciones y las más de 50 tesis de licenciatura y posgrado generadas durante este lapso. Los resultados de estas investiga-

ciones se han publicado en las revistas de mayor prestigio en el campo de la química.

En 1985 se publicó en la revista *Tetrahedron* el resultado del análisis químico de la *Salvia fulgens*, de la cual se obtiene la salvigenólida. Esta sustancia presenta un esqueleto transpuesto de clerodano y es el primer ejemplo de una de las características más sobresalientes de estas plantas que es su alta actividad biosintética en la generación de esqueletos modificados. En este rubro se han aislado cerca de 16 nuevos arreglos hidrocarbonados, de los cuales 12 derivan de un esqueleto de clerodano, tres de un abietano y uno del pimarano. La distribución de este tipo de esqueletos modificados en estas plantas ha sido comentado y discutido en varias publicaciones.

La composición química de las salvias y particularmente la de sus raíces ha permitido también hacer consideraciones sobre la evolución, el probable origen y la manera como estas plantas han poblado el continente americano. Tomando en cuenta el patrón de oxidación de los compuestos aislados de especies mexicanas y chinas, se ha llegado a la conclusión de que algunos elementos de esta familia pudieron ser introducidos al continente por las tribus que emigraron en el pasado desde Asia vía el Estrecho de Bering y que al llegar a la región que corresponde actualmente a México encontraron las condiciones propicias para evolucionar activamente. Con el elevamiento de América Central, algunas de estas plantas lograron llegar a Sudamérica y actualmente en regiones como los Andes existe también una alta tasa de diversificación; sin embargo no existen datos químicos suficientes de especies sudamericanas para apoyar o descartar esta probable ruta de migración hacia el sur del continente.

Finalmente y debido a que en su hábitat natural estas especies son muy resistentes al ataque de insectos, varios de los diterpenos aislados de estas plantas han sido evaluados como posibles agentes disuasorios de la alimentación en insectos plaga de interés comercial, tales como *Spodoptera frugiperda* y *S. littoralis*, con resultados muy interesantes, los cuales han sido

publicados y discutidos. Por otro lado se han encontrado para estos diterpenos actividades antitumorales, bactericidas y tripanocidas.

Bioprospección en actividad biológica. Durante el transcurso de los proyectos de investigación se han hecho esfuerzos por buscar una aplicación de los productos naturales aislados. En el pasado se publicaron algunos trabajos sobre actividad biológica de algunas lactonas sesquiterpénicas, fundamentalmente como sustancias citotóxicas o inhibitoras del crecimiento vegetal; sin embargo, ha sido en las dos últimas décadas recientes que se ha dedicado más tiempo a la búsqueda de actividad biológica para los productos naturales aislados. Esto ha traído como consecuencia que la forma de realizar la investigación de las plantas haya sido modificada profundamente, sobre todo en los casos en los que se pretende buscar productos naturales con una actividad definida, como es el de muchas plantas medicinales. Los cambios fundamentales consisten en que ahora la separación y purificación de los metabolitos secundarios potencialmente activos se hace en una forma biodirigida, es decir, con base en un bioensayo adecuado, se van buscando y separando los principios activos de las plantas hasta llegar a los principios activos. Estos bioensayos pueden ser muy variados y en la UNAM se cuenta con laboratorios de pruebas de actividad biológica en donde se llevan a cabo bioensayos para detectar sustancias con actividades antioxidantes, antiinflamatorias o inhibitoras del crecimiento de células cancerosas, entre las más importantes. Asimismo se cuenta con laboratorios de cultivo de insectos para la búsqueda de productos naturales que presentan un potencial de uso apropiado en agroquímica.

Un aspecto importante, es que se han incrementado sustancialmente las colaboraciones interdisciplinarias de los académicos dedicados en la UNAM a la química de los productos naturales con otros académicos tanto nacionales como extranjeros, para aplicar a las sustancias aisladas en nuestros laboratorios, las pruebas de actividad biológica que por su especificidad o re-

6811107

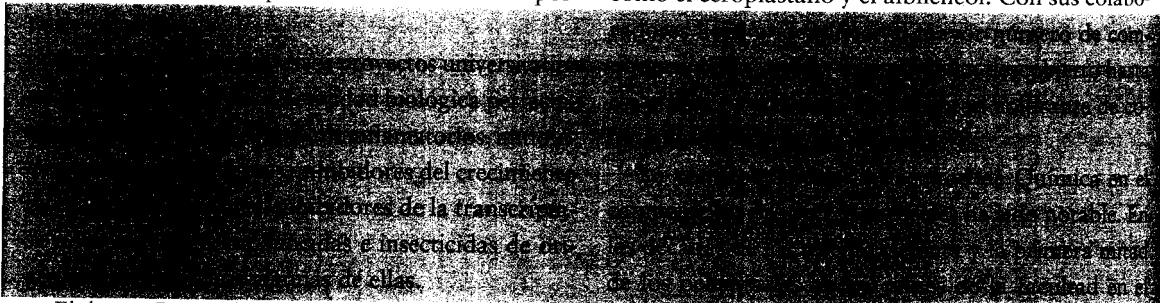
querimientos de equipo aún no se pueden realizar en nuestra Universidad.

La importancia de esta actividad queda manifiesta con los siguientes datos: Desde de la introducción de la síntesis combinatorial en 1990, la búsqueda de nuevos fármacos a partir de fuentes naturales fue abandonada principalmente por la industria farmacéutica y en menor proporción por las universidades del mundo; sin embargo, en el periodo de 1981 a 2002, al menos 12 años después del uso de la síntesis combinatorial, no había ningún fármaco en uso que fuera resultado de esta aproximación, mientras que en el mismo periodo casi el 50 por ciento de los nuevos fármacos están relacionados directa o indirectamente con un producto natural. Esta es la razón por la que la búsqueda de una aplicación para las sustancias obtenidas de nuestras plantas es sumamente impor-

actualmente constituye una referencia clásica sobre el tema. En la última década, el grupo del doctor Romo de Vivar ha incidido en el estudio químico del género *Senecio* y taxa afines, los cuales constituyen un grupo importante de especies vegetales de notable complejidad taxonómica.

Una de las investigadoras más reconocidas en el campo de los productos naturales fue la doctora Lydia Rodríguez Hahn, quien antes de incorporarse al Instituto de Química había estudiado fotoquímica en Londres con el doctor Barton, quien fuera premio Nobel.

El doctor Tirso Ríos hizo aportaciones originales a partir del estudio de insectos, en particular el llamado ceroplastes, que produce una cera en la cual el investigador descubrió los compuestos llamados sesterterpenos, como el ceroplastano y el albilenol. Con sus colabo-



El doctor Romo de Vivar, investigador emérito del Instituto de Química, ha llevado a cabo importantes contribuciones al conocimiento de los constituyentes químicos de varios grupos de plantas, entre los cuales destacan los géneros *Iva*, *Ambrosia*, *Chrysanthemum*, *Zaluzania*, *Artemisa*, *Zinnia*, *Parthenium*, *Yucca*, *Pluchea*, *Viguiera*, *Tithonia*, entre otros. Así, se configuraron y consolidaron las actividades de una importante línea de investigación iniciada por los doctores Herrán, Sandoval, Romo, Iriarte, entre otros; la cual consiste, en términos generales, en la generación de conocimiento científico mediante el estudio sistemático de la flora nacional.

Hace casi dos décadas Alfonso Romo de Vivar publicó el libro *Productos naturales de la flora mexicana*, el cual compila parte de las investigaciones realizadas en el Instituto de Química de la UNAM, y que

campo de los productos naturales eran escasas y estaban relacionadas principalmente con el estudio de compuestos de naturaleza esteroidal. Fue hasta la segunda mitad de la década de los ochenta cuando la aportación al conocimiento de la biodiversidad de nuestras plantas empezó a ser significativa. La gran mayoría de los trabajos publicados desde 1988 están orientados al aislamiento de principios bioactivos de plantas; en ellos se estudiaron fundamentalmente plantas medicinales aplicando diferentes tipos de bioensayos para el aislamiento y purificación biodirigida. De esta forma, y como parte de varios proyectos a largo plazo sobre el estudio de plantas medicinales y de géneros específicos como *Ipomea*, se han publicado aproximadamente doscientos artículos científicos y revisiones en el área. Como resultado de estos proyectos, y con base en una constante colaboración con

investigadores nacionales y extranjeros, se han aislado productos con diferentes actividades tales como: fitotóxicos, hipoglucemiantes, espasmolíticos, antimicrobianos, relajantes musculares, antiprotozoarios, antibacterianos, alelopáticos, antioxidantes y sustancias que interfieren en los procesos fotosintéticos. Asimismo, se han estudiado metabolitos secundarios de algunos hongos para los cuales se han encontrado interesantes actividades biológicas.

Recientemente, en la Facultad de Química se ha empezado a abordar el tema de la validación de plantas usadas en la medicina tradicional. El objetivo de estos estudios es que con base en la validación de los métodos analíticos pertinentes se cuantifique la presencia de concentraciones adecuadas de principios activos o bien de marcadores que permitan tener certeza sobre la planta medicinal empleada y que den una garantía de la eficiencia de la misma.

En la Facultad de Química y la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, los trabajos que más han aportado al conocimiento de la composición química de los organismos de nuestro país, no son los únicos. En el campo de investigación dentro de la UNAM existen dependencias que llevan a cabo trabajos de investigación con diferentes objetivos.

Otras dependencias universitarias en donde se desarrollan proyectos relacionados con productos naturales son, principalmente, la Facultad de Estudios Superiores Iztacala y la Facultad de Ciencias.

FES Iztacala

La Facultad de Estudios Superiores Iztacala —por medio de la Unidad de biología, tecnología y prototipos (UBIPRO)—, ha realizado interesantes aportaciones al conocimiento de la composición química de algunas plantas mexicanas. En esta unidad laboran 22 profesores de diferentes disciplinas como botánica, zoología, ecología, cultivo de tejidos vegetales, edafología, bioquímica, fitoquímica, fisiología vegetal, microbiología, fitopatología y biología molecular. Los investi-

gadores de esta unidad, si bien tienen proyectos de investigación individuales, han reunido esfuerzos en un macroproyecto titulado “Investigaciones en la problemática del deterioro ambiental, restauración de sistemas degradados y manejo sustentable de recursos en zonas áridas”. El objetivo de este proyecto multidisciplinario e interdisciplinario es generar el conocimiento científicamente sustentado para comprender los procesos que regulan la dinámica de los sistemas naturales, así como los factores que limitan su buen funcionamiento.

Este proyecto es interesante si se toma en cuenta que la mayor parte de las instituciones que realizan investigación y desarrollo tecnológico dirigida a lograr la recuperación de ambientes degradados, y las encaminadas al manejo de recursos, han operado en forma independiente y han obtenido resultados de poco impacto y trascendencia social.

Bajo esta perspectiva han tenido lugar estudios de las disciplinas citadas en una región muy específica del valle de Tehuacán-Cuicatlán denominada Zapotitlán de las Salinas. Esta región del país es una zona muy importante desde el punto de vista de la biodiversidad y de la evolución de muchos grupos de plantas y animales. El grupo de fitoquímica de esta unidad ha realizado estudios de alelopatía, de actividad fotoprotectora y antioxidante de productos naturales, aislados de plantas de la región. Por otro lado, se han llevado a cabo estudios fitoquímicos biodirigidos para detectar sustancias con actividad antimicrobiana.

Facultad de Ciencias

Esta entidad de la UNAM, a través del laboratorio de química del departamento de biología, ha hecho una aportación consistente en poco más de 40 publicaciones sobre plantas pertenecientes principalmente a las familias *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Convolvulaceae*, *Annonaceae*, *Amaranthaceae*, *Fabaceae* (*Leguminosae*), *Meliaceae* y *Apocyanaceae*, entre otras. Se han hecho algunos estudios fitoquímicos sobre *Zea mays*

(*Gramineae*) y actualmente hay una línea de investigación sobre plantas en búsqueda de nuevos agentes insecticidas para la protección de cultivos contra el ataque de *Spodoptera frugiperda*.

Química orgánica

En el Instituto de Química el doctor Sandoval recibió a estudiantes y los impulsó para que adquirieran una rigurosa formación. Uno de sus colaboradores más

leta, después un infrarrojo y el primer equipo de resonancia nuclear magnética.

El doctor Walls refiere que su atención inicialmente se dirigió hacia el estudio de las plantas mexicanas, lo cual dio lugar a una publicación internacional del instituto en colaboración con Carl Djerassi y José Herrán reportando una sustancia pura obtenida de la tlatlancuaya. El doctor Walls hizo una estancia de investigación en la Universidad de Harvard y a su regreso inició en México los trabajos de síntesis de compuestos presentes como productos naturales, con

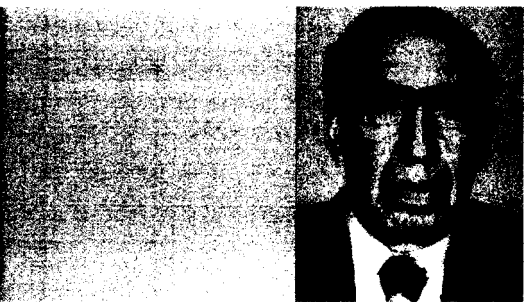


cercanos fue el doctor Fernando Walls, quien recuerda que un momento significativo en la vida del instituto fue el traslado de sus instalaciones del Pueblo de Tacuba a la recién construida Ciudad Universitaria en 1954, cuando se cambiaron a la Torre de Ciencias, ubicándose en los pisos 11, 12 y 13. En los laboratorios se instalaron mesas de madera de excelente calidad por donación de la Fundación Rockefeller, las cuales se han conservado en magníficas condiciones hasta la actualidad; pocos años después se adquirieron equipos como un espectrómetro en el ultravioleta,

lo que fue uno de los pioneros de la síntesis orgánica en México.

El doctor Walls descubrió las estructuras correctas de la perezona y del pipitzol, que se habían publicado erróneamente con anterioridad por investigadores de otros países. Llevó a cabo la síntesis de cacalal y de la cacalona. Las aportaciones novedosas en este campo de conocimiento, tal como lo refiere el doctor Walls, han sido fructíferamente continuadas por el doctor Francisco Yuste, entre otros de sus discípulos, aplicando métodos de última generación.

El Instituto de Química, la Facultad de Química y la FES Cuautitlán han realizado esfuerzos notables para desarrollar la química orgánica, especialmente en sus aspectos de síntesis, entre las que destacan las contribuciones antes mencionadas del grupo del doctor Walls, además de que un grupo notable de miembros del personal académico de las mismas entidades ha desarrollado aspectos de síntesis total de productos naturales, química de radicales libres, síntesis asimétrica, etcétera. La síntesis orgánica como una disciplina de extraordinaria importancia ha sido crisol para la formación de cientos de estudiantes de química en todos los niveles.



En el ámbito de la química inorgánica, la docencia se nutre de distinguidos profesores de la Facultad de Química, como los mencionados anteriormente y de algunos otros como Alberto Obregón, Emilio Barragán, Guillermo Barraza, posteriormente director de uno de los planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM y Alicia Benítez, por citar sólo algunos.

El desarrollo de la investigación científica de la química inorgánica, por diversas razones, fue muy posterior al del binomio formado por la química orgánica y la química de los productos naturales, que vieron su origen como ciencia moderna en México, y en la UNAM, a través del Instituto de Química. La investigación en química inorgánica moderna se inició en la UNAM con el ingreso al personal académico del doctor

Un grupo de estudiantes de química posan junto a su escuela. IISUE-AHUNAM.

Fernando González Vargas, profesor emérito de la UNAM.

Química inorgánica

La docencia en química inorgánica en la Facultad de Química de la UNAM antes de 1960 tuvo una vinculación directa con los procesos industriales y el análisis químico, y se vio enriquecida con la publicación del llamado *Tratado de química inorgánica*, libro extraordinario en su dimensión, profundidad y seriedad, coordinado por el doctor Modesto Bargalló, profesor de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. En él contribuyeron diversos profesores de la Facultad de Química de la UNAM, como José I. Bolívar, Guillermo Cortina, Rafael Illescas, Jaime Keller, Manuel Madrazo Garamendi y Santiago de la Torre, casi todos ellos catedráticos notables de química inorgánica.

Jacobo Gómez Lara, quien llevó a cabo sus estudios doctorales en Praga, Checoslovaquia, y por el doctor Liberto de Pablo Galán, experto en química del estado sólido.

El doctor Gómez Lara inició la investigación en química inorgánica moderna en México, siendo pionero en la química de coordinación de los elementos transicionales. Por su gran capacidad y visión se convirtió en un referente e impulsor de la disciplina de la química inorgánica y atrajo a un grupo significativo de jóvenes que llevaron a cabo sus tesis y estudios de posgrado bajo su dirección.

La actividad del doctor Gómez Lara trascendió el ámbito del Instituto de Química y de la propia UNAM; realizó una notable actividad encaminada al desarrollo nacional de la docencia y la investigación en química inorgánica.

mica inorgánica, impartiendo cursos y conferencias en múltiples instituciones de educación superior del país y de América Latina. En la Universidad de Guanajuato fundó la maestría en química inorgánica, misma que con el apoyo de diversas instancias gubernamentales atrajo a decenas de profesores universitarios de todo el país, así como de Centro y Sudamérica, y se convirtió en el primer presidente de la Academia Mexicana de Química Inorgánica.

El establecimiento de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química, por iniciativa del director de la misma, el maestro Manuel Madrazo Garamendi, conllevó el desarrollo de la investigación y docencia superior en química inorgánica. El maestro Madrazo, con gran visión, envió a universidades del extranjero a formarse a nivel doctoral a algunos jóvenes académicos de la Facultad de Química, quienes a

impulso que merece, particularmente si se considera que México es un gran productor minero y de productos derivados de la industria del cemento y la cerámica. No obstante lo anterior, algunos grupos de investigación han prosperado, como sucede con el ya mencionado doctor Liberto de Pablo en el Instituto de Geología de la UNAM y sus colaboradores en la Facultad de Química, así como el grupo de investigación del estado sólido del Instituto de Investigaciones en Materiales.

En años recientes, la investigación científica en química de los elementos representativos ha florecido principalmente en el Instituto de Química, y sus representantes tienen un alto nivel de productividad científica, comparable en muchos aspectos con los de los países desarrollados.

Los logros de la investigación en química inorgánica

dios superiores de la Facultad de Química, el doctor Francisco Esparza Herrada se convirtió en el primer doctorado en química inorgánica egresado del posgrado de la UNAM, aun cuando su tesis doctoral la desarrolló en la Universidad de Gotinga, Alemania, bajo la dirección del prestigiado doctor Otto Glemser.

El impulso a la investigación en química inorgánica se enriqueció con la investigación interdisciplinaria en química organometálica, misma que actualmente florece tanto en el Instituto de Química como en la Facultad de Química; son notables las contribuciones en catálisis heterogénea y síntesis orgánica. Hoy la investigación en química organometálica que lleva a cabo la UNAM es de un valor internacionalmente competitivo.

Una vertiente diferente de investigación en química inorgánica se tiene en la denominada química del estado sólido, que desgraciadamente no ha tenido el

tema.

Fisicoquímica

La fisicoquímica tuvo un desarrollo posterior, fortalecido desde el inicio con la atención del doctor Raúl Cetina Rosado, con su primer trabajo publicado en el *Journal of Organic Chemistry* en 1957, en el que trata de las constantes de disociación de algunas cetonas cíclicas. Así como este trabajo, publicó ochenta más sobre temas complejos. El doctor Cetina dedicó atención al estudio de las implicaciones fisicoquímicas de reacciones orgánicas y de su aplicación en la determinación de estructuras moleculares; aportó avances en el estudio de la espectroscopia, la cinética, la termodinámica y en general, los métodos físicos aplicados a

entender mejor lo que son las reacciones químicas. Cetina ingresó al Instituto de Química en 1957, donde permaneció 42 años y fue nombrado profesor emérito. Su relación con la Facultad de Química se inició en 1958 y duró 41 años enseñando fisicoquímica en todos los niveles aunque con una marcada preferencia por la termodinámica y la cinética.

Química teórica

La investigación académica en fisicoquímica ha tenido un notable desarrollo en la Facultad de Química, especialmente en los aspectos teóricos, tema para el que el doctor Jaime Keller logró establecer y formar un grupo de entusiastas académicos en aspectos vinculados a la química cuántica y computacional, mientras que en aspectos de fisicoquímica experimental el desarrollo en general en la UNAM ha sido mucho menor, destacando figuras como las de Miguel Cosas, entre otros.

Otros campos

Diversos campos del conocimiento químico también son cultivados exitosamente en la UNAM, entre ellos está la química de los polímeros, la química nuclear y radioquímica, la analítica y obviamente aspectos interdisciplinarios de catálisis, geoquímica, etcétera.

De los campos anteriormente citados es notable la investigación en química de polímeros que se lleva a cabo en el Instituto de Investigaciones en Materiales, trabajo que ha llevado a la obtención de varias patentes y a la resolución de diversos problemas prácticos, vinculados con la industria. El Instituto de Ciencias Nucleares, por su parte, continúa su tradición en la investigación sobre química de radiaciones.

La FES Cuautitlán ha desarrollado la química sustentable y ha sido pionera en dicho campo del conocimiento químico, mismo que es de profunda trascendencia por las implicaciones que tendrá en el

futuro de la industria química, misma que deberá normarse por implicaciones ecológicas y energéticas.

La química analítica en la UNAM, adicionalmente a los cursos que se imparten sobre dicho campo, se ha desarrollado fundamentalmente en la Facultad de Química y en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, donde se cuenta con infraestructura moderna y personal altamente capacitado que presta continuamente servicios de apoyo a la industria.

Otras entidades académicas

La investigación en química en la UNAM se ha centrado en las dos entidades académicas particularmente implicadas en dicha ciencia, la Facultad de Química, como entidad esencialmente docente y el Instituto de Química, como entidad esencialmente de investigación. Afortunadamente, además de estas entidades académicas otras han desarrollado exitosamente la investigación en química en el campus de Ciudad Universitaria: los institutos de Investigaciones en Materiales y de Ciencias Nucleares realizan investigación en química, pero también la llevan a cabo, entre otros, los institutos de Ciencias del Mar y Limnología, Física, el Centro de Ciencias de la Atmósfera y la Facultad de Ciencias. En las facultades de estudios profesionales, especialmente la FES Cuautitlán, se cuenta con investigación en química, fundamentalmente sobre química orgánica y química analítica, mientras que en la FES Zaragoza se cultiva la química orgánica.

Comentarios a la investigación

La investigación científica en química realizada en el seno de la Universidad Nacional Autónoma de México ha tenido un sólido desarrollo, una sana vinculación con la docencia de alto nivel y es hoy un orgullo de la investigación mexicana. La calidad de los químicos de la UNAM ha permitido apoyar a la industria nacional con profesionales de alto nivel. Sus egresados son

docentes e investigadores prácticamente en todas las instituciones de educación superior y sus aportes científicos han tenido un alto reconocimiento mundial.

El alto nivel y exigencia de las entidades formadoras de los recursos humanos puede garantizar una investigación aplicada de trascendencia para las necesidades del país. No obstante el futuro de la investigación química en la UNAM dependerá mucho de la importancia que las autoridades otorguen a este campo prioritario del conocimiento.

LAS APLICACIONES

La Escuela Nacional de Química Industrial y la de Ciencias Químicas

A principios del siglo xx, la incipiente industria mexicana se reducía a la producción cervecera, minera, de azúcar, de hilados y tejidos, así como de algunos productos farmacéuticos. El pavoroso dato de un 80 por ciento de analfabetismo en el país reflejaba el atraso cultural e intelectual generalizado. La fuga de técnicos extranjeros, debida al inicio del movimiento revolucionario y a la primera guerra mundial, marcaba la urgente necesidad de formación de personal especializado.



Creación de la Escuela por don Juan Salvador Agraz

Es a don Juan Salvador Agraz a quien se debieron las iniciativas para fundar una escuela de enseñanza de la química. La primera fue presentada en enero de 1913 al presidente de la República, Francisco I. Madero. La perseverancia y entusiasmo de Agraz lo llevaron a alcanzar su objetivo y fue designado el 21 de diciembre de 1915 como director fundador de la primera escuela de química en el país, ubicada en el pueblo de Tacuba, frente a la vía del tren. El 3 de abril de 1916 inicia cursos con 40 alumnos y 30 alumnas inscritos en las carreras de: químico industrial; perito en industrias y práctico en industria. La fecha formal de inauguración fue el 23 de septiembre

de 1916 (García Fernández, 1985). Así se creó la Escuela Nacional de Química Industrial, que en febrero de 1917 se incorporó a la UNAM, y hoy es su Facultad de Química.

La idea de Agraz era “instalar los cursos de peritos químicos industriales [...] obreros químicos y pequeños industriales, y de los ingenieros químicos y doctores en química”. Este último programa no pudo arrancar sino décadas después, a pesar de lo cual Agraz fue un gran visionario que apreció la necesidad de complementar la formación de profesionales con la de investigadores químicos. Ésta es la manera correcta de formar personal técnico que vaya más allá de la simple actitud imitativa y dependiente (Ruiz *et al.*, 1986). Fue una desdicha que, por falta de fondos, el doctorado no haya podido iniciarse entonces.



Los becarios en Europa

Cuando José Vasconcelos ocupaba la Secretaría de Educación Pública (SEP), surgió la iniciativa de becar a los mejores alumnos para realizar estudios en Europa. Así, por acuerdo de la presidencia, en 1921 se otorgaron las primeras diez becas para estudiar en diferentes universidades alemanas.

Durante la estancia de estos primeros becarios mexicanos de la química, ocurrió en Alemania un hecho sin precedentes: la gran inflación. En esa época, en realidad bastaba menos de la décima parte de la beca para cubrir todos los gastos de estancia. Se cuenta que uno de los becarios, de apellido Orozco, “¡vivía en un ala de un elegantísimo castillo alemán!” (Garritz y Chamizo, 1989).

Francisco Díaz Lombardo.

Manuel Madrazo Garamendi.

Después del año crítico de 1918, cuando se pensó seriamente en cerrar la escuela (Padilla, 2001), hacia 1919 se anexa la carrera de farmacia, que hasta entonces se estudiaba en la Escuela Nacional de Medicina. Pronto se crearon los laboratorios de análisis y el de preparación de productos químicos orgánicos e inorgánicos. Además, se instaló una planta de éter y se levantaron nuevos edificios destinados a industrias de fermentación, azúcares y almidones, tanantes y curtientes, y farmacéutica. El curso de química orgánica aplicada a la farmacia lo impartió inicialmente don Adolfo P. Castañares, quien sustituyó a Juan Salvador Agraz como segundo director de la Escuela Nacional de Química Industrial. La escuela cambia de nombre a: Facultad de Química y de Farmacia y Escuela Práctica de Industrias Químicas.

Hacia 1924 estudiaban becados en Europa un total de 22 estudiantes mexicanos de química, todos ellos ex alumnos de la UNAM, entre los que se contaba a Praxedis de la Peña, Alfonso Romero, Marcelino García Junco, Francisco Díaz Lombardo (quien fuera director de la facultad de 1956 a 1964), Teófilo García Sancho Chacón y Fernando González Vargas. Tal vez sobresalió entre ellos ese mismo alumno que residió durante sus estudios en aquel castillo, Fernando Orozco Díaz, doctorado en la Universidad de Hamburgo en análisis inorgánico de metales, posteriormente dirigió la escuela, creó el Instituto de Química y fue de los asesores de Pemex inmediatamente después de la expropiación.

Quienes querían estudiar la carrera de ingeniería química para permitir a México recibir y asimilar las

tecnologías de proceso que llegaban con las inversiones extranjeras no tenían más opción que hacerlo en el extranjero, como fue el caso de Ovidio Roberto Ocampo Marín quien partió a estudiar la carrera a la Universidad de Luisiana, Estados Unidos y al saber de su arranque en la UNAM intentó regresar de inmediato, pero la "tramitología" no lo permitió y por esa razón entró en la segunda generación.

La carrera de ingeniería química

La carrera de ingeniería química se inició en 1925. Por esos años la escuela contaba con poco más de 600 estudiantes. No es posible hablar de enseñanza de la ingeniería química en México sin hacer mención del ingeniero Estanislao Ramírez Ruiz, padre de esta disci-

plina. Fue el primer director de la Escuela Nacional Autónoma de México, en 1929. Para 1935 se retomó el nombre de Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ), la cual inició otra fase de su evolución —la científica, con Fernando Orozco como director—. En 1938, cuando ocurrió la expropiación petrolera, los profesionales mexicanos egresados de la escuela se hicieron cargo de las instalaciones industriales, en una de las mayores aportaciones de la UNAM al país, como se verá en la sección dedicada a los hidrocarburos.

Con Orozco se vivió una etapa de renacimiento a la que contribuyó la llegada de algunos químicos españoles en el exilio, quienes iniciaron labores benéficas para el estudio de la química (entre ellos se encontraban Antonio Madinaveitia, José Giral Pereira y Francisco Giral González). Así, el 5 de abril de 1941 se inauguró el Instituto de Química, con Fernando

El traslado a Ciudad Universitaria y la conversión en facultad

de los primeros maestros de ingeniería química. Hoy tampoco puede hablarse de este tema sin mencionar a Alberto Urbina del Razo.

La evolución de la escuela

Al iniciar el año de 1927 se ofrecían las siguientes carreras: químico, ingeniero químico, químico farmacéutico, auxiliar de farmacia, metalurgista y ensayador y químico petrolero. Aunque la inscripción decayó a mediados de 1927, la escuela logró subsistir; la obra de los profesores Rafael Illescas Frisbie, Ricardo Caturegli Fontes, Fernando Orozco, Francisco Díaz Lombardo, Manuel Dondé Gorozpe, Fernando González Vargas y otros, hizo resurgir a la escuela para formar parte de la Universidad Nacio-

nal Autónoma de México, en 1929. Para 1935 se retomó el nombre de Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ), la cual inició otra fase de su evolución —la científica, con Fernando Orozco como director—. En 1938, cuando ocurrió la expropiación petrolera, los profesionales mexicanos egresados de la escuela se hicieron cargo de las instalaciones industriales, en una de las mayores aportaciones de la UNAM al país, como se verá en la sección dedicada a los hidrocarburos.

Con Orozco se vivió una etapa de renacimiento a la que contribuyó la llegada de algunos químicos españoles en el exilio, quienes iniciaron labores benéficas para el estudio de la química (entre ellos se encontraban Antonio Madinaveitia, José Giral Pereira y Francisco Giral González). Así, el 5 de abril de 1941 se inauguró el Instituto de Química, con Fernando

de los primeros maestros de ingeniería química. Hoy tampoco puede hablarse de este tema sin mencionar a Alberto Urbina del Razo.

La evolución de la escuela

Al iniciar el año de 1927 se ofrecían las siguientes carreras: químico, ingeniero químico, químico farmacéutico, auxiliar de farmacia, metalurgista y ensayador y químico petrolero. Aunque la inscripción decayó a mediados de 1927, la escuela logró subsistir; la obra de los profesores Rafael Illescas Frisbie, Ricardo Caturegli Fontes, Fernando Orozco, Francisco Díaz Lombardo, Manuel Dondé Gorozpe, Fernando González Vargas y otros, hizo resurgir a la escuela para formar parte de la Universidad Nacio-

aumentó su población de 891 alumnos y 167 maestros a 2 318 alumnos y 237 maestros, lo que generó una demanda de servicios que fue atendida gracias al traslado a Ciudad Universitaria.

Hacia 1954, la escuela se planea y construye en los terrenos de Ciudad Universitaria al sur de la ciudad. El traslado se dio finalmente en 1957 con Díaz Lombardo como director a partir del segundo año de todas las carreras, así se dan los primeros pasos para que la escuela se transforme en facultad.

Un hecho fundamental ocurrió en junio de 1965, cuando cristalizaron las gestiones de Díaz Lombardo y por acuerdo del Consejo Universitario se crea la División de Estudios Superiores, con lo cual la Escuela Nacional de Ciencias Químicas se convierte en Facultad de Química, con Manuel Madrazo Garamendi como director.

Creación de las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales

Dos son las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales en las que se montaron las carreras del área química: la ENEP Cuautitlán y la ENEP Zaragoza.

La FES Cuautitlán: modernidad y desarrollo

Las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales (ENEP) surgen a raíz de la crisis educativa que se da a mediados de los años sesenta, cuando se incrementa la demanda social de educación, lo que provoca un fenómeno de “masificación” en los espacios de Ciudad Universitaria. En este contexto, hacia 1973, el entonces rector de la UNAM, doctor Guillermo Soberrón Acevedo, emitió un mensaje ante el Consejo Universitario en donde resaltaba la creación de nuevos campus universitarios en las zonas noroeste, norte y oriente de la ciudad, descentralizando así los estudios profesionales y acercando la Universidad a comunidades marginadas con alta concentración demográfica, con ello se daba respuesta al clamor popular de una necesidad educativa profesional.

Con los años la ENEP Cuautitlán adquirió experiencia y prestigio como formadora de recursos humanos a partir de una sólida planta académica, el uso estratégico de tecnología de vanguardia y su vinculación con la empresa.

Como ejemplo de su capacidad formativa se encuentran entre sus egresados profesionales de la química que han recibido premios internacionales y nacionales de química, líderes en sus áreas de trabajo en el sector público y en la iniciativa privada tanto en México como en el extranjero.

Los inicios. La ENEP Cuautitlán fue inaugurada el 22 de abril de 1974, convirtiéndose en la primera entidad académica descentralizada de la UNAM. Este enorme esfuerzo fue posible en gran medida gracias al

liderazgo de su primer director, el doctor Jesús Guzmán García.

Las carreras de química se comienzan a impartir en el campus uno con trescientos alumnos inscritos, con planes de estudio y planta docente proveniente de la Facultad de Química. El 22 de julio de 1980 el Consejo Universitario aprobó el plan de estudios del doctorado en microbiología; con ello ocurre la transición de la ENEP a la actual Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán), y a partir de 1996 la facultad es entidad participante en el posgrado de ciencias químicas.

Los aperturas de licenciaturas. Las licenciaturas que se imparten en el área química en la FES Cuautitlán se han incrementado y han actualizado sus planes de estudio. La docencia inició con las licenciaturas en química, ingeniería química, y química farmacéutico biológica (QFB). En el año de 1978 se creó la licenciatura de ingeniería en alimentos; en 1994 la licenciatura en química industrial; y en 2007 las licenciaturas en farmacia, bioquímica diagnóstica y tecnología, que concluyen el plan de QFB.

La formación química en la FES Cuautitlán se basa en la docencia experimental y multidisciplinaria, se ha adoptado el modelo educativo constructivista como eje y el “aprender a aprender” como consigna. Los laboratorios experimentales multidisciplinarios albergan tres naves de tipo industrial que dan apoyo a las carreras del área y donde puede realizarse el procesamiento de alimentos y la evaluación de las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, reológicas y térmicas de productos alimenticios y de procesos químicos. Asimismo, en los laboratorios de docencia se implementan técnicas analíticas en los niveles microescala y ultramicroescala a fin de generar conciencia ecológica en la comunidad.

Los aperturas de investigadores. La estancia de los investigadores franceses Helmut Pitch Klut y Michael Cassir Kuri a finales de los años setenta tuvo un fuerte impacto en la docencia y la investigación en el

área de química analítica, al formar egresados y académicos destacados que a su vez han integrado grupos de investigación en la FES Cuautitlán o en otras universidades.

Algunas de las líneas de investigación que los químicos de la FES Cuautitlán han aportado son:

- El uso de una arcilla bentonítica mexicana como catalizador y soporte de reactivos (Salmón, Penieres y Miranda, 1981).
- La química de tierras raras, para su aplicación en la elaboración de Superconductores de alta temperatura de transición (Cassir *et al.*, 1986).
- “Los diagramas de zonas de predominio”, es un trabajo que ha modificado la enseñanza de la química analítica. Al igual que el desarrollo de electrodos alternativos para la determinación de pH.

la Facultad de Química, diseñado como un plan modular, incluye un tronco común de tres semestres con las carreras de ingeniería química y biología; un tronco intermedio de cuarto a séptimo semestres y dos salidas terminales, en las que los alumnos se insertaban en una subespecialidad de la carrera: la bioquímica clínica o la farmacia industrial. La intención fue contar con profesionales en estas dos áreas de creciente desarrollo en ese momento, y el plan de estudios fue concebido por un grupo de profesores y profesionistas encabezados por la QFB Carmen Giral Barnés, quien a su vez fue la primera coordinadora de la carrera. A la par, se estructuraron modelos de servicio a la comunidad con clínicas médico odontológicas y laboratorios de análisis clínicos, además de una planta piloto farmacéutica, donde los alumnos desarrollan su actividad práctica en un ambiente semiprofesional, multidisciplinario y de servicio a la comunidad.

Para el 19 de mayo de 1993 bajo la dirección del doctor Benny Weiss Steiner, la entidad se transforma en Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Se comienza la revisión del plan de estudios y para el año 2003 se aprueba su modificación más reciente. En este nuevo plan de estudios se han adecuado y actualizado los contenidos teórico prácticos y se ha creado una nueva salida terminal: farmacia clínica. Además se incluye la posibilidad de cursar el último semestre en algún hospital o centro de investigación, favoreciendo la movilidad y la posibilidad de continuar con estudios en posgrado; todo con base en convenios con instituciones educativas o de salud. Asimismo, dentro de los espacios de servicio se crea una farmacia universitaria de venta al público, en donde los alumnos de QFB prestan un servicio farmacéutico de atención comunitaria, actividad que pocas instituciones de educación superior en el país tienen. Con todos estos cambios y adecuaciones, el 22 de agosto del 2006, la carrera de QFB es acreditada por el Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Farmacéutica (COMAEF), siendo la primera de este campo en lograrlo.

2.1.1.1. El modelo de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

La entonces ENEP Zaragoza abre sus puertas el 19 de enero de 1976 en el oriente de la ciudad de México bajo la dirección del doctor José Manuel Álvarez Manilla de la Peña.

Con un modelo innovador multidisciplinario confluyen, en un mismo espacio físico e instalaciones, las carreras de: medicina, odontología, enfermería, psicología, químico farmacéutico biólogo (QFB), biología e ingeniería química, lo cual permite una fuerte interacción entre ellas.

En el caso de QFB, el plan de estudios propuesto fue diferente a los existentes en

El hecho de que se imparta la carrera de QFB en una zona marginada al oriente de la ciudad de México ha tenido gran impacto en la comunidad aledaña. Otros aportes importantes han sido la creación del primer Centro de Información de medicamentos (CIRAM) en la clínica 25 del IMSS con la finalidad de proporcionar atención farmacéutica para el uso racional de medicamentos. Sin duda la formación del QFB en este ambiente multidisciplinario y comunitario ha permitido desarrollar en él una conciencia social, encaminada a aportar sus conocimientos para el mejoramiento de la salud y la calidad de vida de los mexicanos.

Trascendencia de la contribución de la UNAM

Las grandes transformaciones industriales, frecuentemente llamadas revoluciones industriales, han cambiado al mundo en los últimos dos siglos y están también produciendo cambios profundos en el siglo XXI. Se han caracterizado por avances significativos en el manejo y control de los energéticos secundarios, con su demanda asociada de energéticos primarios; las metodologías para realizar las transformaciones requeridas, y los materiales que se utilizan.

A finales del siglo XIX y en la primera mitad del XX, se produce una de estas revoluciones, caracterizada por:

- la generación eléctrica industrial —incluyendo, posteriormente la nuclear— y el transporte y distribución de ese fluido;
- las tecnologías de procesos que dan lugar a las industrias petrolera de refinación, química —incluida la petroquímica—, y a las modernas industrias del papel, del cemento, y del vidrio, entre otras;
- el tubo de vacío (bulbo) que permite el impulso a las primeras industrias electrónicas y de telecomunicaciones;
- los materiales innovadores, artificiales o sintéticos: farmacéuticos, polímeros, fibras, hules y recu-

brimientos que sustituyen a productos naturales como madera, hule natural, lana y algodón.

Para que México pudiera participar en este profundo cambio tenía que contar con personal capacitado, para empezar, en las actividades de producción, lo cual se vislumbra con la incorporación a la UNAM en 1917 de la Escuela Nacional de Química Industrial.

Desarrollo de la transformación industrial de los hidrocarburos

La Facultad de Química de la UNAM ha formado a más de 35 000 profesionales en las carreras relacionadas con la industria química, lo que la hace la más importante del país en este ámbito, tanto por el número como por el nivel de sus egresados.

El periodo anterior a la expropiación petrolera. La influencia que ha tenido la facultad en el desarrollo de la industria mexicana dedicada a la transformación industrial de los hidrocarburos ha sido decisiva, ya que sus egresados han aportado el talento para encontrar soluciones a la peculiar problemática de Pemex y las empresas privadas asociadas. Algunas de las primeras refinerías que se instalaron a partir de la creación de la escuela fueron:

- refinería de Azcapotzalco, D.F., en 1933, con 23 000 B/D de capacidad.
- refinería Bellavista, en Tamaulipas en 1934, con 20 000 B/D de capacidad.

Desde entonces, los egresados de la escuela tuvieron la importante tarea de comprender, aprovechar y adaptar la tecnología petrolera.

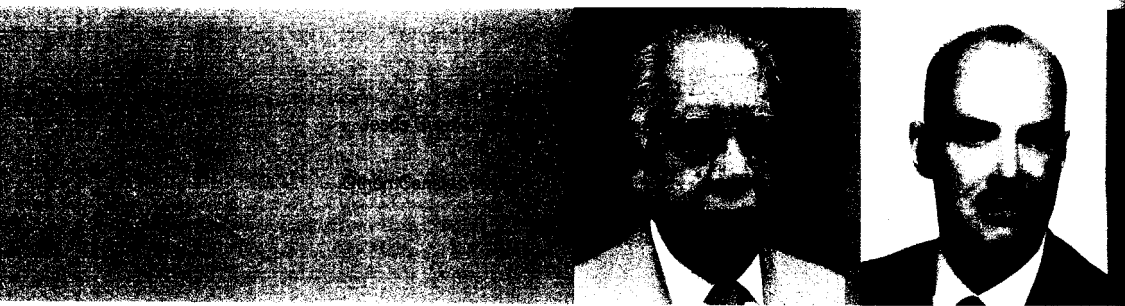
El periodo de la expropiación petrolera. Cuando sobrevino la expropiación se tenían formados cuadros profesionales que pudieron operar las plantas y mantenerlas sin ingenieros extranjeros.

El 7 de junio de 1938 se creó la empresa descentralizada Petróleos Mexicanos y el 18 de agosto de ese año todas las actividades de producción, transformación y comercialización quedaron dentro de sus funciones. La escuela aportó los ingenieros y químicos para integrar los cuadros básicos de la nueva empresa nacional, se comisionó inclusive a profesores como el químico Othón Canales Valverde, quien participó activamente en esta etapa histórica de Pemex. El mismo Juan Salvador Agraz, fundador de la escuela, fue llamado a colaborar en Petróleos Mexicanos, y tuvo el cargo de inspector técnico de la gerencia a partir de 1939, donde atendió importantes responsabilidades.

Un reto adicional fue la producción del antidetonante tetraetilo de plomo. Nuevamente un grupo de

los proyectos y construcción de las nuevas instalaciones que transformarían algunas de las refinерías expropiadas y construirían otras, así como la creación de centros de procesamiento de gas y los complejos petroquímicos, en el periodo de 1938 a 1990. Destaca en esta etapa la participación del ingeniero Héctor Rafael Lara Sosa, cuyo nombre lleva la refinерía de la Ciudad de Cadereyta, Nuevo León, otro distinguido egresado de la escuela, promotor también de la creación del Instituto Mexicano del Petróleo.

La necesidad de avanzar con mayor rapidez se percibió claramente en nuestro país por la instalación de plantas como las de fibras sintéticas de nylon, poliestireno, policloruro de vinilo (PVC), aspirina, y otras más, entre 1947 y 1957. La trascendencia potencial de estos desarrollos para México se hizo patente cuando



egresados dirigido por el doctor Teófilo García Sancho Chacón —otro de los alumnos becados por José Vasconcelos— desarrolló el proyecto confidencial 1, que patrocinó la presidencia del general Lázaro Cárdenas en los terrenos cercanos a lo que hoy es el Instituto Mexicano del Petróleo. Gracias a esto podemos afirmar que entre 1939 y 1940, cuando entró a operar esa unidad, se concretó técnicamente la expropiación. A la vez, fue el inicio de avances en tecnología petrolera, primero desarrollada en modestos laboratorios en las refinерías y después a través del Instituto Mexicano del Petróleo.

se dieron las famosas propuestas de la General Tire and Rubber en 1952 y de Dow Chemical en 1958 con el fin de obtener concesiones para establecer importantes operaciones petroquímicas en México. Esta situación demandó que Petróleos Mexicanos acelerara el ritmo para contar con un equipo humano que realmente le permitiera acometer las necesidades de ingeniería de procesos ligadas a sus requerimientos de expansión y modernización.

Esta evolución desembocó en el establecimiento y consolidación, entre 1959 y 1963, del departamento de procesos de la gerencia de refinерías, el primer grupo de esa naturaleza en el país, constituido en su totalidad por ingenieros químicos egresados de la UNAM. Este equipo humano constituyó uno de los grandes avances de la ingeniería química en México: en 1963

Otro engrán de actividades de los ingenieros químicos egresados de la UNAM fue la planeación, ejecución de

estaba constituido por personalidades como Héctor y Florencio Lara Sosa, Jorge Suzán de Madariaga, José Alberto Celestinos Isaac, Raúl Magaña García, Raúl Meyer Stoffel, Mario Hernández Samaniego, Enrique Sánchez Armass y José Felipe Ocampo Torrea. En 1964 se crea en Petróleos Mexicanos la Gerencia de Petroquímica, y entre 1966 y 1985 se ponen en marcha los proyectos y la operación de los complejos petroquímicos de Reynosa, Pajaritos, Cosoleacaque, Camargo, San Martín Texmelucan, Escolín, Cangrejera, Morelos y Tula.

Por esa época trabajaba como subdirector de transformación industrial el ingeniero Alberto Bremauntz Monge (1932-2006), distinguido profesor de la Facultad de Química durante más de cuarenta años. Fue adicionalmente deportista olímpico de



sarrollo nacional. En ellas los egresados de química de la UNAM desempeñaron un papel preponderante.

La década de los sesenta se caracterizó por una gran diversificación de las industrias privadas y gubernamentales de la química y por el escalamiento de industrias —como las de los productos químicos inorgánicos y los fertilizantes— lo cual fue posible gracias al número y calidad de los egresados de la UNAM que participaron en los proyectos, así como al establecimiento de otras escuelas profesionales de la rama. La enseñanza de la ingeniería química se distinguió por fundamentarse en la resolución de problemas y el planteamiento de proyectos, lo que es en la actualidad la tendencia dominante para todas las disciplinas de la ingeniería. Otro lugar donde fueron contratados destacados egresados de la Facultad de

Leopoldo Rodríguez Sánchez.

Federico Ortiz Álvarez.

lucha y posteriormente presidente de la Asociación Mexicana de Kendo.

Paralelamente, la industria petroquímica privada se desarrollaba con la participación de los ingenieros químicos mexicanos en grandes empresas como Alpek, Cydsa, Idesa, Resistol, Mexichem, Celanese Mexicana, Basf y Badger entre otras. Ello permitió generar una muy competitiva industria petroquímica nacional con un importante mercado interno.

Destacan de manera particular las firmas de ingeniería y construcción privadas como Bufete Industrial de José Mendoza Fernández y Rafael Pardo Grandison, la parte química de ICA de los hermanos Borja, PYCOSA, Latinoamericana de Ingeniería, IISA, Industrias Resistol, Jacobs y UHDE, entre otras, que tuvieron una participación extraordinaria en este de-

Química fue el Instituto Mexicano del Petróleo, fundado en 1966 para desarrollar los proyectos de ingeniería de las nuevas refinerías y centros de procesamiento.

Podemos afirmar que el proceso de consolidación de Petróleos Mexicanos en el ramo de la transformación industrial ha quedado concluido. En retrospectiva, no fue fácil para México pasar de una etapa agrícola a otra de desarrollo industrial con características de crecimiento acelerado, como ocurrió con la industria petrolera nacionalizada y la petroquímica privada que caminaron de la mano. En el lapso de 1950 a 2007, en México se diseñaron, construyeron y se pusieron en operación de manera exitosa, más de trescientas unidades de proceso en la transformación industrial y la producción de los hidrocarburos,

muchas de ellas diseñadas desde 1970 en el Instituto Mexicano del Petróleo.

Hacia finales de la década de los setenta, algunas empresas privadas líderes de la industria química nacional iniciaron esfuerzos sustantivos de investigación y desarrollo, lo que fue posible gracias al capital humano que para entonces ya se había formado.

De manera especial, en la rama de polímeros, han participado de manera destacada egresados de la UNAM; este esfuerzo ha logrado desarrollar productos líderes en el mercado doméstico nacional y en los mercados de América del Norte, además empieza a posicionar productos innovadores en el ámbito mundial. El desarrollo en polímeros ha sido, junto con las tecnologías mexicanas del acero, el sector más innovador del país en los últimos veinte años.

alimento rico en bacterias lácticas denominado Biofermel (Peschard, Pacheco y Viniegra, 1976). Este proceso se enfrentó al reto de la producción en fermentador para su explotación comercial, lo que los investigadores llevaron a cabo exitosamente con su comercialización en México y Centroamérica a finales de los años setenta. Estos dos antecedentes se dieron en la misma época en que se formaliza la ingeniería bioquímica como disciplina en el contexto internacional, que se podría situar con la aparición de la revista *Biotechnology and Bioengineering*, a partir de 1962. En esta revista, la más importante en el área de la ingeniería bioquímica, se han publicado un total de 78 artículos de investigación desarrollados en instituciones mexicanas, 40 de los cuales corresponden a la UNAM, seguidos de veinte de la UAM; los dos primeros artículos que publicaron instituciones

La ingeniería bioquímica en la UNAM

biología molecular y se sustenta en la ingeniería bioquímica para aprovechar industrialmente las capacidades de los seres vivos. Uno de los antecedentes en el país de esta actividad se deriva de los trabajos del doctor Alfredo Sánchez Marroquín en los años cincuenta, quien después de dedicar varios años al estudio de la microbiología del pulque, montó en la Facultad de Química una planta piloto de fermentación para estudios de escalamiento. Sánchez Marroquín es también autor del primer texto sobre el tema (Sánchez Marroquín, 1961) con un capítulo sobre la tecnología bioquímica en las industrias de fermentación.

Otro antecedente importante se ubica en el Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBM), donde en los años sesenta el grupo integrado por Gustavo Viniegra González y José Pablo Pérez Gavilán y Escalante desarrolló un proceso para la producción de un

que Galindo Fentanes, quien desarrolló la producción a gran escala de gomas xantanas usadas en la recuperación asistida de petróleo, tecnología que fue transferida al IMP. Recientemente, ha logrado incorporar el análisis de imágenes al estudio de mezclado en biorreactores. Quintero es también el autor del primer libro sobre ingeniería bioquímica escrito por un mexicano (Quintero, 1987).

Cuando se crea el Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB), que inició operaciones en Cuernavaca en 1985, Quintero encabezó el grupo de investigadores en ingeniería bioquímica. Él es también pionero en la UNAM al lograr el surgimiento, en 1989, de lo que hoy llaman un *spin off*, al crear la compañía Genin, que escala y transfiere el proceso enzimático de elaboración de intermedios para obtener penicilinas modificadas.

Muchos proyectos se han desarrollado en los fermentadores del actual Instituto de Biotecnología; destaca de manera preponderante el desarrollo de procesos modernos en los que el doctor Octavio Tonatiuh Ramírez Reivich —ingeniero químico de la Facultad de Química, formado en sus inicios en la planta piloto del IIB bajo la supervisión de Quintero— ha colaborado con la Compañía PROBIOMED para lograr la elaboración industrial de proteínas terapéuticas recombinantes.

La biocatálisis es otra área de la ingeniería bioquímica exitosamente desarrollada —con raíces en el departamento de ingeniería química de la Facultad de Química— en la que Agustín López Munguía Canales desarrolló procesos enzimáticos de extracción y de síntesis de oligosacáridos; por su parte, Eduardo Bárzana García es pionero en trabajos de catalizadores en medios no acuosos y fluidos supercríticos. En el campo de la biotecnología, Rafael Vázquez ha llevado la biocatálisis exitosamente a aplicaciones en el campo de la biomedicación y el medio ambiente. En tiempos recientes Alfredo Martínez, de la generación de ingenieros, encabeza a la investigación en biocombustibles.

Es interesante reflexionar que si bien la UNAM no cuenta formalmente con un departamento ni un posgrado de ingeniería bioquímica, la formación de especialistas se ha dado de manera exitosa dentro de los diversos posgrados que incluyen formación de biotecnólogos, como fue la maestría y doctorado en biotecnología de la Unidad Académica de los Ciclos Profesional y Posgrado (UACPP) del CCH, ofrecida conjuntamente por la Facultad de Química y el Instituto de Biotecnología; así como los actuales posgrados universitarios de ciencias bioquímicas, ciencias químicas y de ingeniería.

A partir de los años ochenta, cada vez más ingenieros químicos se especializan en bioquímica, y surgen en el Instituto de Ingeniería y en la Facultad de Química grupos especializados orientados al tratamiento biológico de efluentes (Arriaga *et al.*, 2005). En las primeras generaciones de bioingenieros figuran

investigadores de amplio prestigio en nuestros días, merecedores de diversas distinciones nacionales, entre ellos los miembros del Instituto de Biotecnología: Enrique Galindo, Tonatiuh Ramírez, Rafael Vázquez Duhalt y Agustín López Munguía Canales; al igual que Rodolfo Quintero, Eduardo Bárzana García, Adalberto Loyola Robles, Simón González Martínez, de otras dependencias universitarias y, por citar sólo un ejemplo, en la UAM Iztapalapa, Mariano Gutiérrez Rojas, Sergio Revah Moiseev y Oscar Armando Monroy Hermosillo.

Química e ingeniería metalúrgica

México es un país minero de abolengo, por ello no es extraño que la antigua Escuela Nacional de Química Industrial incluyera desde 1920 estudios de índole minera y metalúrgica con la carrera de químico ensayador, con duración de un año y la de químico metalúrgico, de dos años —iniciada en 1921—, la cual evolucionó al incorporar aspectos de metalurgia física e ingeniería metalúrgica para transformarse, en 1967, en la actual carrera de ingeniero químico metalúrgico. Desde entonces, se ha buscado cumplir con la misión de formar recursos humanos de alto nivel por medio de la licenciatura, con especializaciones en metalurgia y corrosión, tanto de maestría como de doctorado en los posgrados de ingeniería y de ciencia e ingeniería de materiales.

Uno de los momentos más importantes en el departamento de ingeniería metalúrgica tuvo lugar en los años setenta con el Curso Panamericano de Metalurgia, patrocinado por la OEA, en el que participaron muchos científicos y tecnólogos de América y Europa, lo que contribuyó a la formación de decenas de profesionales nacionales. El departamento tuvo un avance cualitativo y cuantitativo con el traslado de sus instalaciones al edificio D de la Facultad de Química en Ciudad Universitaria en 1982. A partir de esa fecha empiezan a incorporarse al departamento un grupo pequeño pero sustantivo de profesores envia-

dos a prepararse en el extranjero. A su retorno, principalmente de Inglaterra y Canadá, se fortaleció el área de metalurgia y se crearon condiciones para el surgimiento del área de corrosión.

Si bien la principal aportación del departamento ha sido la formación de recursos humanos, también se ha generado conocimiento original en diversas áreas de especialidad como metalurgia química, metalurgia física, ingeniería metalúrgica y corrosión, a través de publicaciones, principalmente resultado de proyectos doctorales realizados por los alumnos de posgrado.

En el área de corrosión puede destacarse, entre otros logros, la realización de la primera tesis de doctorado en México que atendió los aspectos de la corrosión de las estructuras de concreto armado y que dio lugar a varias publicaciones internacionales (Castro *et al.*, 1996). También se han realizado desarrollos relevantes en el campo de recubrimientos protectores (véase

Figura 1). En el campo de la producción científica se han publicado más de 100 artículos en revistas internacionales de alto impacto del departamento, incluyendo 10 artículos de los últimos 5 años. En el campo de la enseñanza se han publicado más de 100 artículos en revistas internacionales de alto impacto del departamento, incluyendo 10 artículos de los últimos 5 años.

Además, muchos de ellos relacionados con el modelado mecanístico de procesos metalúrgicos (Ramírez Argáez, 2004). También las tesis de maestría han dado lugar a publicaciones internacionales, por ejemplo en aspectos vinculados con el análisis de la solidificación de aleaciones y compósitos de matriz metálica (Cabrera *et al.*, 2008).

En el área de corrosión ha habido variedad en la oferta educativa, como los diplomados en ingeniería de corrosión y protección, en los que se ha formado, desde de 1984, una cantidad importante de ingenieros de Pemex, de la Comisión Federal de Electricidad, del sistema de transporte colectivo Metro, del Distrito Federal, etc., y más recientemente el diplomado en tecnología de pinturas, en colaboración con la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintes, el cual ha llegado ya a su décima edición.

En cuanto al impacto a nivel nacional, uno de los pilares por su vínculo con la industria fue el ingeniero Fernando González Vargas, diseñador de la carrera de IQM en 1967. González Vargas fue también nombrado profesor emérito de la Facultad de Química y participó de manera relevante en los principales desarrollos de la industria siderúrgica nacional en el siglo XX, contribuyendo, por ejemplo, con la primera patente de hierro esponja, aun antes de que la compañía Hojalata y lámina desarrollara con su asesoría la primera tecnología mexicana aplicada industrialmente a la producción de hierro por reducción directa (Noguez, 2006) y con la implementación y operación del primer horno de arco eléctrico destinado a la producción de acero.

De la misma manera algunos de los profesores y egresados han interactuado o se han integrado exitosamente a industrias como HYLSA-Ternium, Altos Hornos de México, Mexicana de Cobre, Ford Motor Company, Mercedes Benz, General Motors, Chrysler, ThyssenKrupp-Mexinox, Moresa, Nissan, Hithchi, y otras empresas de la industria metalúrgica no menos importantes en el nivel global.

Por otra parte, los egresados han participado en la creación de entidades dedicadas a la investigación y docencia en metalurgia y materiales como por ejemplo el CINVESTAV del IPN (unidades Saltillo y Querétaro); la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco; y otras universidades y tecnológicos de diferentes estados de la República.

También ha habido presencia de egresados en la vida política de México, quienes han ocupado importantes cargos en el sector público, inclusive secretarías de estado, como los casos de los IQM José Luis Luege Tamargo, titular de SEMARNAT y posteriormente de CONAGUA; Manuel Méndez Nonell, director adjunto del Conacyt, y Luis Gerardo Trápaga Martínez, director del CINVESTAV Querétaro.

Los egresados de la carrera han tenido un impacto importante también de forma internacional. Por ejemplo, algunos de ellos han realizado importantes apor-

aciones como profesores en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), la Universidad de California y la Universidad de Pittsburgh, entre otras, y en industrias como Mittal Steel y General Motors.

El personal del departamento ha recibido en los últimos años varios premios y distinciones, destacando dos premios Universidad Nacional a la docencia en ciencias exactas y varios reconocimientos de investigador en fundición del año por parte de la Sociedad Mexicana de Fundidores. Se ha destacado también en labores de difusión, con cuatro libros en la colección La ciencia desde México (actualmente La ciencia para todos) de la serie *Más allá de la herrumbre* (Ávila y Genescá, 1986 y 1989; Genescá, 1999) tres de ellos ya publicados y un cuarto en proceso.

Importación de los egresados de la UNAM

Química analítica

Desde el inicio de actividades en la primera escuela de química del país, el análisis químico se reconoció como parte esencial de la formación profesional, pues de las cinco asignaturas de química dos son de análisis: análisis cualitativo y análisis cuantitativo (García Fernández, 1985). Este peso relativo del análisis prevaleció en nuestra facultad hasta hace unos veinte años. Fernando Orozco Díaz, uno de los directores de la escuela, maestro de los cursos de análisis, publicó en 1944 el libro de texto *Análisis químico cuantitativo*, el primer libro de análisis químico, y casi el único, escrito por un mexicano y que fue un “clásico” con numerosas reediciones.

Desde 1840, con la publicación del libro de Remigius Fresenius Carl, la química analítica se desarrolló como acumulación de técnicas, métodos y procedimientos.

Hasta el último cuarto del siglo XX predominó en México una visión del análisis químico ajena a los desarrollos conceptuales que a partir de la segunda

guerra mundial fueron integrando la identidad y fundamentos científicos de la química analítica moderna, tanto por la incorporación de instrumentos de mayor sofisticación tecnológica como por su consistencia teórica y su metodología.

No fue sino hasta mediados del siglo XX que se hizo una revisión conceptual de la química analítica; el trabajo de Gaston Charlot (1904-1994) fue fundamental y la publicación de sus libros provocó una especie de revolución al demostrar que ésta es una ciencia por sí misma y no un apéndice de las otras químicas (Charlot, 1971). Parece mentira, pero la escuela de Charlot penetró con intensidad en México pocos años después, como veremos.

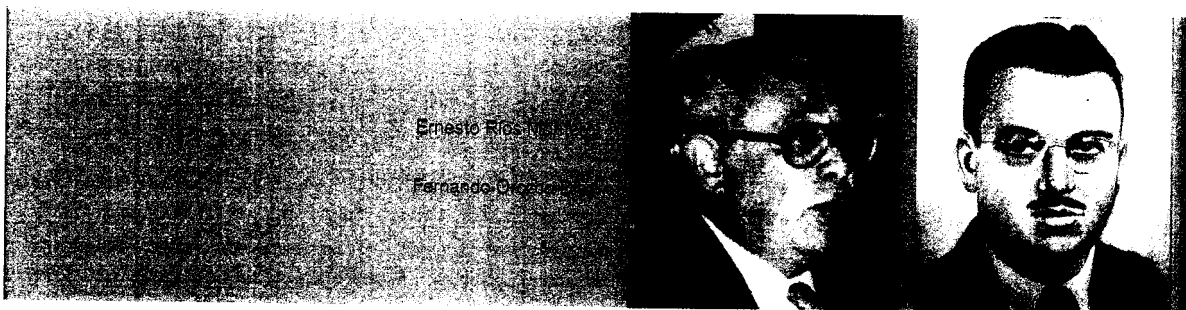
En 1953 iniciaban su doctorado en el Instituto de Química, a punto de mudarse a Ciudad Universitaria, un pequeño grupo de jóvenes brillantes, entre ellos Armando Manjarrez y José Luis Mateos. Por sus cualidades y por el natural empuje de las nuevas generaciones fueron ellos quienes incorporaron la modernidad de la química analítica instrumental en nuestro país y fueron los maestros de muchos de los que siguieron por ese camino. Por ejemplo, Manjarrez dirigió la tesis profesional “Columnas combinadas en cromatografía en fase vapor” de quien luego obtendría el premio Nobel de Química en 1995, Mario José Molina Henríquez.

El maestro Manuel Madrazo Garamendi —director de la facultad a partir de 1965—, invitó en 1969 al profesor Gaston Charlot para impartir un curso y conferencias sobre la filosofía y la metodología de una enseñanza novedosa y original de la química analítica (Quéré y Alain, 2009). En una etapa de importante expansión de la división de estudios de posgrado con José Francisco Herrán Arellano y Armando Xavier Padilla Olivares como directores de la facultad y Francisco Javier Garfías y Ayala, y José Luis Mateos Gómez como jefes de la división (Mateos, 2001), con visión e intuición se reconoció a la química analítica como una disciplina por derecho propio; los químicos antes mencionados impulsaron y cobijaron la creación del departamento y del primer programa

de posgrado en México dedicado específicamente a esa disciplina. Para ello contaron con un convenio de colaboración con Francia y especialmente con el interés del propio Charlot y de Bernard Tremillon. Fue así que en 1972 vinieron a México Alain Léger, Alain Quéré Thorent, Serge Bartolucci y Helmut Pitsch, quienes junto con la doctora María Antonia Dosal Gómez, profesora de nuestra facultad, tuvieron la encomienda nada fácil de crear el programa de maestría y diseñar los cursos de licenciatura de química analítica moderna.

En esos primeros años tuvo una gran importancia la colaboración, apoyo y asesoría vespertina de Armando Manjarrez Moreno, quien se encontraba en ese entonces en el Instituto Mexicano del Petróleo, así como del doctor Harold M. McNair, del Institu-

décadas se formaron en esta maestría, se incorporaron a la planta académica de muchas universidades del país y otros se incorporaron con éxito a la práctica profesional en los sectores de petroquímica, química metalúrgica, ambiental, farmacéutica, alimentaria y muchos otros. Con un fuerte componente conceptual de química analítica y con base en una amplia y moderna plataforma de instrumentación analítica, la Facultad de Química abrió en 2007 su primera unidad foránea enfocada al estudio de los sistemas costeros desde una perspectiva netamente química. La unidad, ubicada en el campus creado por la Facultad de Ciencias en el puerto de Sisal en Yucatán, inició sus actividades abordando el estudio de los procesos biogeoquímicos y la caracterización química de los recursos de la zona costera.



Ernesto Ríos

Fernando C...

to Politécnico de Virginia, Estados Unidos. Con las primeras generaciones de la maestría se formó el núcleo del departamento de química analítica. Entre ellos destacan los académicos que posteriormente conformaron el núcleo básico del departamento: Santiago Capella Vizcaino, Humberto Ramón Gómez Ruiz, Luz Elena Vera Ávila y Josefina de Gyves y Marciniak, quienes son considerados líderes en sus disciplinas en nuestro país. De ahí salió el impulso para dar cursos y conferencias en casi todas las universidades públicas de México y para crear la Asociación Mexicana de Química Analítica, en 1986, con lo que se fue diversificando la nueva visión de esa rama de la química, lo que a su vez modificó y actualizó la enseñanza y la práctica de esta disciplina. Un número importante de estudiantes, que en las últimas

Han pasado casi cuarenta años desde que se inició en la facultad el proceso que modificó en definitiva la concepción y la enseñanza de la química analítica en México. Corresponderá a las nuevas generaciones, desde la UNAM, fijar el nuevo rumbo de esta disciplina en el país.

Química analítica

José Herrán, como jefe de la división de estudios de posgrado, desde la segunda mitad de los sesenta, pero primordialmente desde la dirección de la facultad en los años setenta, promueve la formación de doctores mexicanos en el extranjero dando prioridad a las áreas que se requería fortalecer o impulsar, como es el caso

de la inorgánica. La investigación y la formación de alumnos de posgrado en química inorgánica no cristalizan hasta la década de los setenta, cuando Antonio Campero Celis, Liberto de Pablo Galán y Jacobo Gómez Lara gradúan a Francisco Esparza, el primer doctor en química inorgánica en México, y a su vez él contribuye también a que los primeros estudiantes del posgrado se titulen en esta área en el país.

En la década de los ochenta, la química inorgánica se impartía con un enfoque novedoso y ágil, lo que trajo como consecuencia que un alto número de estudiantes se involucrara en proyectos de investigación desde los primeros semestres de la carrera. Este programa de investigación temprana ha sido un semillero de jóvenes investigadores hasta la fecha. En esa época, se lanzan diferentes iniciativas dirigidas a la me-

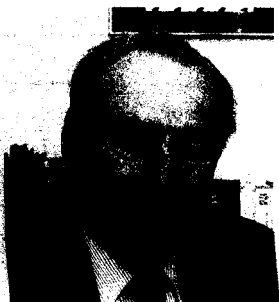
jora de la docencia las que, gracias al entusiasmo y el empuje de Diana Cruz, cristalizaron en la modernización del plan de estudios de la carrera de química: se imparten talleres en temas de frontera; se publican los cuadernos de posgrado y antologías; se organizan simposios anuales de posgrado y coloquios de investigación con la participación de líderes internacionales. Todas estas iniciativas impulsaron la investigación y generaron que el posgrado en química inorgánica de la UNAM sea considerado hasta la fecha el de mayor fortaleza en el país.

En la década de los noventa se incorporan al posgrado nuevos investigadores, y se diversifican las líneas de trabajo.

Investigación e impacto

La investigación en química inorgánica que se lleva a cabo actualmente en la UNAM se agrupa alrededor de los siguientes ejes temáticos:

Compuestos con actividad biológica: bioinorgánica y química medicinal: Norah Barba estudia la interacción de iones metálicos con fármacos, antibióticos y moléculas de interés biológico con la finalidad de establecer mecanismos de acción de estos compuestos en los seres vivos. Por otro lado, Lena Ruiz, en colaboración con Isabel Gracia, quien dirige uno de los mejores laboratorios para evaluaciones biológicas en el nivel nacional, ha desarrollado una serie de nuevos fármacos basados en compuestos quelato



Javier Padilla Olivares.

mixtos de cobre con actividad anticancerígena. Los resultados obtenidos han sido protegidos tanto en patentes nacionales como internacionales. También interesada en compuestos de cobre, Laura Gasque utiliza a estos sistemas como potenciales modelos de catecolasas, evaluando su actividad, su estabilidad y su relación con propiedades electroquímicas. Con un enfoque diferente, Martha Sosa estudia las propiedades electrónicas de metaloproteínas, y Silvia Castillo realiza estudios cinéticos de metaloproteínas del tipo plastocianina y ferredoxina. El desarrollo de nucleasas químicas desde aspectos mecanísticos y nuevos enfoques biomiméticos, así como de reconocimiento molecular, son los temas de interés de Anatoli Latsimirski. Su trabajo ha conducido, entre otros importantes productos, a la publicación de uno de los

libros más reconocidos en el área de química supramolecular.

Química organometálica y catalisis. Pionero de la química de coordinación y organometálica en la UNAM, Hugo Torrens ha estudiado diferentes fenómenos en el nivel molecular de compuestos de metales nobles con ligantes fluoroazufrados y la activación de enlaces C-F y C-S. Juventino García se ha abocado al diseño y evaluación de compuestos organometálicos en la activación de enlaces C-C, C-H, C-N y C-S, lo cual tiene aplicación en procesos como la hidrodesulfuración de combustibles. Respecto a la formación de enlaces por medios catalíticos, Erika Martin trabaja en el diseño y estudio de catalizadores en reacciones de interés industrial, tanto procesos asimétricos, biomiméticos, homogéneos, bifásicos y empleando nanopartículas

otras. De hecho, el Congreso Internacional de Química de Coordinación de mayor tradición y renombre —ICCC, por sus siglas en inglés— recientemente fue organizado por el departamento.

La importancia de la labor formativa es evidente al considerar el hecho de que los egresados del posgrado se encuentran contratados en diversas instituciones del país, tales como el CINVESTAV del IPN, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, la Universidad de Guanajuato, la Universidad Autónoma del Estado de México, y en la propia UNAM.

La calidad de la investigación realizada en el Departamento de Química Inorgánica es muy alta, lo cual se manifiesta en que el 89 por ciento de sus integrantes pertenece al Sistema Nacional de Investiga-

Nuevos materiales.

fungicida. Tanto Norah Barba, como Rafael Moreno y Martha Sosa, diseñan compuestos de coordinación con propiedades magnéticas y optoelectrónicas diversas para desarrollar nuevos materiales aplicados como sensores magnéticos, máquinas moleculares y materiales fotocromicos. Recientemente, María Asunción Castellanos diseñó y caracterizó nuevos materiales cerámicos que se encuentran en proceso de patente. Finalmente, Cira Piña se ha dedicado en la última década al desarrollo de pigmentos inorgánicos para la restauración de obras de arte.

En la década reciente el grupo se ha afianzado, y gracias a su sólida formación y constante ímpetu no sólo mantiene como su área central la química de coordinación, sino que ha podido incursionar en áreas novedosas como: nanoquímica, catálisis, magnetoquímica, química biomimética y medicinal, entre

Perspectivas.

metamagnetos, máquinas moleculares, catalizadores para petroquímica y para combatir la contaminación, nanotecnología, y química verde. En los próximos años será absolutamente necesario fortalecer la relación entre el desarrollo científico y la aplicación tecnológica, aunque manteniendo prioritariamente, como hasta ahora, la formación de futuros investigadores y docentes en química inorgánica.

Química nuclear

Durante los terribles años de la segunda guerra mundial hubo un mexicano que se ocupaba de investigar en Norteamérica la energía que en forma de radiaciones electromagnéticas llegaban al planeta desde el espacio exterior. Este mexicano ejemplar, el doctor

Manuel Sandoval Vallarta, llevó una vida de esfuerzo y estudio en una labor gratificante por sí misma pero a menudo ingrata por lo demás: la investigación científica, cuyo desarrollo en el transcurso del tiempo rara vez consigue el logro total de ver realizadas todas las metas personales.

Al llegar el periodo también difícil de la posguerra, otro gran mexicano, el doctor Nabor Carrillo Flores, entonces rector de la UNAM, fue invitado por la comunidad científica estadounidense a presenciar la primera explosión nuclear en el atolón de Bikini —ocurrida en tiempos de paz— con el propósito de ampliar los conocimientos sobre la energía atesorada por el núcleo atómico de los elementos. Para ambos científicos, aquello significaba un enorme paso en la ruta del conocimiento de la materia, asociado siempre a lo que llamamos progreso tecnológico. El primer ministro de México, el Subsecretario de Educación Pública y el Rector de la UNAM, propiciaron la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, cuyo encargo era fomentar el estudio y las instalaciones necesarias para el desarrollo de la energía nuclear en el ámbito nacional.

Durante la década de los sesenta, el proyecto científico más importante de México fue la construcción del Centro Nuclear en Salazar, Estado de México, iniciada en 1964. Tan sólo dos años después, se contaba ya con un acelerador de iones positivos Tandem Van de Graaff, y en 1968 con un reactor TRIGA Mark III, lo que, aunado a otros laboratorios, dotó al Centro Nuclear de instalaciones únicas en el país.

Un contingente reducido fue enviado a la Universidad de Michigan en Ann Arbor a emprender estudios de maestría y doctorado en ingeniería nuclear, ciencia que estudia los procedimientos para regular en el tiempo la producción y aprovechamiento de la energía calorífica ocasionada por la fisión de los núcleos de U-235 y Pu-239. Otro grupo más reducido fue enviado a Inglaterra (Leicester, Liverpool y Londres) —ya durante la década de los sesenta— a estudiar cursos de posgrado en instrumentación nuclear, radioquímica y seguridad radiológica.

En ese entonces surgió, de manera natural, la transformación de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas en la Facultad de Química de la UNAM.

En 1965, cuando era director el maestro Manuel Madrazo Garamendi, se incluyen por primera vez materias optativas de química nuclear en cursos curriculares y se inicia una maestría en ciencias nucleares. Algo fundamental dentro de la UNAM fue la instalación del laboratorio nuclear en la Facultad de Química, destinado a iniciar trabajos de prácticas docentes e investigación con material radiactivo.

Del posgrado en ciencias químicas, instituido en ese entonces, han egresado más de 120 graduados entre maestros y doctores con especialidad en química nuclear, término que abarca ahora los campos relativos al estudio de los radioisótopos naturales y artificiales de los elementos químicos. La gran mayoría ha hecho una carrera productiva utilizando radioisótopos en actividades tan variadas como la química de radiaciones —polímeros y nuevos materiales—, bioquímica —reacciones químicas en los organismos vivos—, seguridad radiológica —sin la cual no sería posible el uso de los radioisótopos—, análisis por activación —cuantificación de trazas en cualquier material a través de su irradiación neutrónica—, y otras muchas aplicaciones.

La simiente del laboratorio nuclear germinó en pocos años en el Centro de Estudios Nucleares, y luego alcanzó el nivel de Instituto de Ciencias Nucleares que cuenta hoy en día con un gran prestigio en investigación. Esta ha sido la aportación de la UNAM en materia de química nuclear durante los últimos cuatro decenios. Si continuamos el camino trazado en la Universidad, llegaremos sin duda a producir energía por la fusión de núcleos de hidrógeno, además de contribuir de manera más que significativa a la restauración de la capa de ozono, y estaremos en posición de realizar investigaciones jamás imaginadas utilizando radioisótopos.

Antecedentes históricos. El ejercicio de la farmacia en México tiene una larga tradición que pasa por muy variadas épocas desde la Conquista. Durante la Colonia y hasta principios del siglo XIX, estuvo bajo la reglamentación del Protomedicato, institución que vigilaba las actividades médicas en España y sus dominios. La reglamentación se relacionaba principalmente con la vigilancia —más o menos irregular— de las farmacias o boticas, donde se elaboraban y expendían los medicamentos, e incluía la preparación formal que debían tener los farmacéuticos. La farmacia en el México colonial no tuvo mayor relevancia y los farmacéuticos, al igual que los médicos, ejercían una función social tradicional.

Los estudios de farmacia han estado siempre ligados

farmacia de la paternidad de la medicina, y dar a los estudios de farmacia una formación más fundamentada en la química, que se cambió radicalmente el rumbo de la profesión. Hacia 1920, los estudios de farmacia —de gran tradición en México— con la infraestructura material y humana que poseían, se integraron a la naciente escuela de Tacuba, para crear la entonces llamada Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional, cuyo primer director fue el químico farmacéutico Adolfo Castañares, quien sustituyó a Juan Salvador Agraz, primer director de la Escuela de Industrias Químicas, cuando era rector José Natividad Macías.

La carrera comprendía entonces estudios de química inorgánica y orgánica, análisis cualitativo y cuantitativo, farmacognosia, análisis clínicos, bromatológicos y toxicológicos, bacteriología y farmacia galénica.

A partir de entonces los programas de estudio se modificaron constantemente para mantenerlos al día con los múltiples avances científicos y tecnológicos. Después de varias modificaciones en los programas de estudios —1921, 1926, 1928 y 1935— en 1937 se dio el cambio más notable, cuando se modifica el título de los egresados, de farmacéutico al de químico farmacéutico biólogo (QFB). Este cambio en el nombre tradicional y universal del farmacéutico obedece a un afán de describir o de explicar las actividades de este profesionalista.

El ejercicio de la farmacia, como ciencia de los medicamentos, requiere de profesionistas con una formación básica multidisciplinaria, por tanto la currícula se ha modificado constantemente y en forma considerable para hacer eco de los avances científicos de la química y de la biología. En los años ochenta, la

una decidida orientación a los problemas de salud del país. Este nuevo plan, que fue aprobado en 2005, está dividido en tres paquetes terminales: fármacos y medicamentos, bioquímica microbiológica y atención farmacéutica, lo cual propicia una sólida formación disciplinaria en el área de interés del alumno y responde a las necesidades de atender además del campo tecnológico y de análisis, nuevas demandas en un área emergente como es la farmacia asistencial, la que representa un papel del profesional farmacéutico que ha sido permanentemente destacado por la Organización Mundial de la Salud y la Federación Internacional Farmacéutica.

Aportaciones de la UNAM. Indudablemente los primeros profesionistas egresados de la Universidad Nacional permitieron el establecimiento en México de una

industria farmacéutica incipiente después de la segunda guerra mundial. En la actualidad, con más de treinta carreras de farmacia en el país, los egresados de la Universidad siguen siendo parte importante del desarrollo de esta industria.

Una de las mayores aportaciones de la UNAM al campo de la farmacia ha sido la formación de profesionales en los grados más altos del conocimiento, esto es, la creación de los programas de posgrado, con lo cual se inicia la investigación sistemática en este campo en el país.

La formación de recursos humanos especializados.

Los estudios de posgrado en farmacia se iniciaron en la Facultad de Química en el año de 1970, su fundador fue el doctor Francisco Giral González. El resultado de este esfuerzo fue la formación de los primeros egresados de maestría en farmacia de nuestro país, así como la canalización de recursos humanos para su estudio en diferentes instituciones en el extranjero, la incorporación al posgrado contribuyó al futuro desarrollo del programa de posgrado en farmacia.

Hacia 1980, la maestría contaba con dos opciones: síntesis de fármacos y control de medicamentos. En esa época se inicia la maestría en biofarmacia y se establecen los lazos de interacción con la industria farmacéutica nacional y algunos institutos de salud. Asimismo, se promueve la creación del doctorado en farmacia, el cual se aprueba en 1989. Este programa de posgrado está ahora incluido en el programa de maestría y doctorado en ciencias químicas y sigue siendo una importante área de generación de recursos humanos para la docencia, la investigación y el ejercicio profesional en la industria farmacéutica.

La investigación. La investigación es una actividad esencial en el área farmacéutica, tanto en la vertiente básica como en la clínica; la investigación farmacéutica tiene como objeto central al medicamento: su diseño, la demostración de sus mecanismos de acción, sus propiedades farmacológicas, tanto farmacodinámicas como farmacocinéticas, además de la tecnolo-

gía involucrada en su fabricación y análisis. La investigación en esta materia es multidisciplinaria por definición. En este sentido la Universidad ha contribuido a la generación de conocimientos en las áreas de química farmacéutica, en la que se incluyen la síntesis de nuevos compuestos esteroideos, el diseño, síntesis y comprobación de actividad de compuestos con diferentes actividades potenciales, entre ellas la antiparasitaria y la ansiolítica, el desarrollo de agentes antihipertensivos de baja toxicidad, la determinación de estructuras tridimensionales y la conformación molecular de carbohidratos simples, oligosacáridos y metabolitos secundarios de origen vegetal, así como cálculos teóricos de modelaje molecular. Los aportes a la farmacognosia incluyen la búsqueda y el desarrollo de medicamentos a partir de productos naturales, así como la evaluación de sus mecanismos de acción para el tratamiento de la diabetes, enfermedades de vías respiratorias, helmintiasis, úlceras, y ansiedad. En el campo de la tecnología farmacéutica, las investigaciones incluyen el desarrollo de nuevos sistemas de liberación controlada, el uso de nanopartículas —nanoesferas y nanocápsulas— con aplicación terapéutica y el estudio del transporte de sustancias por vía cutánea.

En cuanto a la biofarmacia, las investigaciones se han dirigido a los estudios de materias primas y medicamentos producidos en México, a la evaluación farmacocinética de nuevos compuestos potencialmente anticancerígenos, y antiparasitarios, a la evaluación de los efectos de la desnutrición en la farmacocinética, a la biodisponibilidad de antibióticos, al desarrollo de regímenes de dosificación de fármacos usados contra la cisticercosis; así como, en general, a los estudios de biodisponibilidad y bioequivalencia. Un área tangencial de investigación ha sido la bromatología y la toxicología; las investigaciones más importantes en este renglón han sido la creación de fórmulas no lácteas de alto valor nutritivo y bajo costo para lactantes y preescolares desnutridos, el estudio de nuevas fuentes de alimentos de la flora silvestre de México y de factores antinutricionales y tóxicos de origen vegetal.

Impacto social. La capacidad para realizar investigación y formar recursos humanos de gran calidad ha representado una oportunidad para ofrecer servicios especializados en beneficio de la salud y el desarrollo social y económico del país. El departamento de farmacia de la Facultad de Química funge como tercero autorizado en materia de evaluación de medicamentos genéricos, lo que ha permitido apoyar a la Secretaría de Salud en su estrategia para el uso de dichos medicamentos. En igual forma, la mayor parte de los laboratorios conocidos como terceros autorizados del país, cuentan con egresados del área de biofarmacia de la UNAM, lo que evidencia su capacidad para la formación de recursos humanos de alto nivel. Adicionalmente, desde 1994, cuando se promulgó la Ley de metrología y normalización, los miembros del perso-

dores del departamento de farmacia han contribuido de manera destacada.

En apoyo a la industria farmacéutica, la Universidad se ha orientado al desarrollo de formulaciones semisólidas y sólidas, al desarrollo de métodos analíticos para la cuantificación de fármacos en materia prima y producto terminado, así como de métodos analíticos indicadores de estabilidad, los cuales han sido implementados para su uso en esta importante industria.

Tendencias. La fuerza renovada de las patentes y los mercados emergentes de productos genéricos requiere de la fortaleza en la preparación de profesionales con altos conocimientos de farmacocinética y su aplicación en la bioequivalencia de los medicamentos, así



nal académico de farmacia de la Facultad de Química de la UNAM han formado parte sustancial de los comités nacionales de normalización convocados por el Estado mexicano para crear las Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con la producción, el uso y la vigilancia de los medicamentos.

El aporte al uso racional de las plantas medicinales se ha manifestado en la colaboración con la farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos mediante la creación de monografías científicas, las cuales no sólo contienen la información procedente de bancos de datos o bibliografías, sino además la que es generada por las instituciones que participan en esta actividad. Estas monografías se incluirán en la *Farmacopea herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos*, que es la obra dedicada a esta materia y a la que los investiga-

dores de una preparación profunda en la metodología que conlleva el desarrollo y la supervisión de la calidad de todos los nuevos fármacos y medicamentos, en especial de los producidos por biotecnología, que parecen ser los de mayor crecimiento actual y futuro, por lo que la Universidad deberá estar preparada para enfrentar estos retos.

Asimismo, el proceso de cambio de las políticas de salud en nuestro país pone de manifiesto la necesidad de que la Universidad incida en ellas mediante la inserción de profesionales farmacéuticos en el equipo de salud. Para ello se requiere de una estrecha colaboración entre la Universidad, las instituciones de salud, los estudiantes y profesores universitarios y las asociaciones profesionales que permita organizar y reorientar los servicios de atención al público a fin de lograr una

mayor equidad, eficiencia y eficacia en la cobertura y calidad de la atención a la salud en México.

Fisicoquímica

A inicios del siglo XX, las escuelas alemanas mostraban la supremacía académica en química, farmacia e ingeniería, de ahí la influencia que tuvieron en la ciencia española Antonio Madinaveitia, José Giral Pereira y Francisco Giral González y otros científicos españoles formados en Alemania que llegaron a México a causa de la guerra civil española. María Teresa Toral, llegada también a México por la misma causa, se formó con Enrique Moles en la determinación de pesos moleculares y se sumó al departamen-



equipamiento se reducía a un osmómetro de membrana HP y un cromatógrafo de permeación en gel a cargo del doctor Enrique Campos López. Además, se contaba con una pequeña área adicional en el edificio C, donde Garfias y Sóbol diseñaron y construyeron un equipo de gota pendiente para la medición de tensión superficial dinámica.

El área de superficies resulta atractiva y conectada de manera natural con la ingeniería química, la cual contaba entre sus mejores exponentes en México con Francisco Javier Garfias, Alberto Urbina del Razo y Alberto Bremauntz Monge, ambos docentes de gran prestigio en la Facultad de Química. En Sosa Texcoco, Garfias, Urbina, y Bremauntz —junto con Francisco Barnés de Castro— se dieron a la tarea de diseñar y operar diferentes tensoactivos destinados a la modi-

Manuel Sandoval Vallarta.

Francisco Giral González.

to de fisicoquímica. La influencia de la fisicoquímica pronto se dejó sentir en la Facultad de Química de la UNAM, cuando se creó la división de estudios de posgrado en 1965, sumada a la inauguración de los nuevos planes y programas de estudio en 1967. En ese entonces la carrera de ingeniería química contenía ocho cursos de fisicoquímica. El departamento fue fundado por Francisco Javier Garfias y Ayala, primer doctorado en fisicoquímica en 1964 en la Universidad de Birmingham. Con su ingreso a la planta docente en 1965, se establece un área nueva: fenómenos de superficies, tensoactivos y coloides, a la que se incorporan también María Teresa Toral y Héctor Sóbol.

Para 1973 el laboratorio de fisicoquímica contaba con un área cercana a los 30 metros cuadrados y el

faciación del hábito cristalino del carbonato de sodio por adsorción selectiva a una de las caras del cristal. El éxito de esta modificación se tradujo en mejoras sustantivas en los procesos de nucleación, cristalización, sedimentación y filtrado del sólido; la innovación repercutió en poco tiempo en un aumento significativo de la producción anual.

Enrique Campos López, doctorado en el área de polímeros en Akron, Ohio, lugar donde se encuentran las Firestone and Goodyear Tyre and Rubber Companies, ya para esa época se ocupaba —desde la Facultad de Química— del estudio del guayule, planta abundante en las zonas áridas del norte de México y de donde se extrae hule natural. Campos, originario de Saltillo, Coahuila, condecorado del recurso, se dedicó a su estudio.

El tránsito del laboratorio a la producción planteó en su momento la creación de un centro de investigación destinado a la extracción y aprovechamiento industrial del guayule. Por decreto presidencial del 2 de noviembre de 1976, después de tres años de intensa labor, donde la Facultad de Química se desempeñó como el principal autor y promotor del proyecto, se crea el Centro de Investigación de Química Aplicada (CIQA) en la ciudad de Saltillo, Coahuila bajo la dirección de Enrique Campos. Hoy el CIQA es uno de los centros de investigación de mayor importancia en México en el campo de los polímeros. El grupo que trabajó con Campos, formado por Miguel Saloma, Martha Aguilar, Antonio Reyes Chumacero y Joaquín Palacios, continúa sosteniendo e incrementando las áreas de electroquímica y polímeros en la facultad. Los recursos humanos formados ascienden a 16 doctores,

Basín. Ambos profesores tienen un gran prestigio internacional. El primero vuelve de su doctorado en Bristol en el año de 1971 y contribuyó a la formación de un grupo de químicos teóricos que se ha diseminado a lo largo y ancho del país. Por su parte, el doctor Costas, doctorado en McGill University en Montreal en 1984, estudia fisicoquímica de líquidos y biofisicoquímica. Su propósito es avanzar en el conocimiento de las bases energético-estructurales que determinan 1) las interacciones proteína-x donde x puede ser un sustrato, un inhibidor, un carbohidrato u otra proteína; 2) la estabilidad térmica y la desnaturalización de proteínas; y 3) sistemas líquidos que presentan altos grados de organización a nivel molecular.

La educación en química

ción del alga, para lo cual el profesor Jesús Gracia se traslada a la planta. Como resultado, mejoraron las condiciones de separación y de producción. Gracia ha desarrollado recientemente varios proyectos importantes con empresas, como el de emulsiones y tensoactivos con CONDUMEX; el de emulsificación de residuos de vacío con el Instituto de Investigaciones Eléctricas; el de polimerización en emulsión, para COMEX; el de rompimiento de emulsiones de petróleo crudo, con Pemex y el del establecimiento del laboratorio de superficies del departamento, con CELANESE mexicana.

Como secuela del departamento de fisicoquímica, es meritorio el origen del departamento de física y química teórica, a iniciativa del doctor Jaime Keller, con la participación ulterior del grupo de biofisicoquímica, a cargo del doctor Miguel Antonio Costas

de la carrera de químico farmacéutico biólogo se realiza en 1971, dando lugar a tres orientaciones: bioquímica microbiológica, farmacia y tecnología de alimentos.

En 1972, la facultad ocupa parte de las instalaciones que fueron de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, desahogando un poco las necesidades de la población de 5 420 alumnos que ocupaban las ya insuficientes instalaciones iniciales. Por otra parte se crean los laboratorios de alimentos, de control de medicamentos y de ciencia básica. Se impulsa la división de estudios superiores, enviando a los alumnos más destacados —alrededor de una centena— a capacitarse al extranjero, principalmente a Francia, Inglaterra y Estados Unidos. Después de ocupar por dos periodos la dirección, José F. Herrán es sustituido por Xavier Padilla Olivares.

En 1978, se fortalece la organización académica y administrativa por medio de las divisiones académicas, la unidad de planeación, la coordinación de servicios académicos y la coordinación de extensión académica, estableciendo seis programas académicos básicos: el programa de estudios profesionales, el de estudios de posgrado, el de investigación, el de educación continua, el de superación del personal académico y el de escuela-empresa. Padilla consigue los fondos necesarios para la construcción y el equipamiento del edificio D, inaugurado en 1981. En los ocho años de su gestión, Padilla amplió la renovación académica iniciada por Herrán, la cual tomaría nuevo impulso en 1986, cuando Francisco Barnés de Castro fue nombrado director de la facultad.

El plan de trabajo de Barnés inició con la reestructuración académico-administrativa. Además fue elaborado el plan de estudios y programas del doctorado de ciencias químicas en sus opciones de alimentos, bioquímica, farmacia, ingeniería química, fisicoquímica, química analítica, orgánica e inorgánica. Fue en esta época cuando la facultad buscó su proyección al exterior de la Universidad por medio de asesorías y servicios técnicos, así como de convenios. Barnés inicia en 1986 la campaña financiera —planeada por Xavier Padilla— para obtener fondos que permitieran el rescate de las antiguas instalaciones de Tacuba; el propio Barnés amplía los objetivos de la campaña presentando un proyecto de desarrollo de la facultad que impacta a las autoridades universitarias y del gobierno federal, quienes la apoyan con el programa de “fondos aparejados”. El éxito de la campaña permitió, además del rescate de Tacuba, la construcción del conjunto E (1992) con los más modernos laboratorios en las áreas de bioquímica, alimentos, biotecnología, ingeniería química y farmacia.

En 1993 Andoni Garritz Ruiz sustituye a Barnés, quien es nombrado secretario general de la UNAM. Garritz elaboró un plan estratégico 1993-2001. Sobresalen los siguientes logros: la elevación en 50 por ciento de los estudiantes que aprueban las cuatro asignaturas del primer semestre; la modernización del

equipo de docencia, gracias al programa UNAM-BID; el diseño e inauguración de la sala de química del museo Universum; la conclusión de la construcción de un invernadero y un bioterio modernos, así como de la Unidad de Servicios de Apoyo a la Investigación, que albergó equipos por ocho millones de dólares; y la ampliación de mil metros cuadrados de la biblioteca de la licenciatura; así como el inicio de la construcción del Centro Nacional de Educación Química, en Tacuba.

En marzo de 1997 Enrique Bazúa Rueda, designado como nuevo director, actualiza y reestructura el posgrado presentando un nuevo programa de maestrías y doctorados en ciencias químicas, así como el de diplomados y especialidades. En 1998 inicia la actualización de los planes de estudio de todas las carreras de la facultad, a fin de hacerlos acordes a las necesidades nacionales, e inaugura el nuevo almacén y el Centro Nacional de Educación Química.

En 2001 Bazúa deja la dirección en manos de Santiago Capella Vizcaíno, quien logra la aprobación de los planes de estudio de las cinco carreras de la facultad, y éste es relevado por Eduardo Bárzana García en 2005, quien lleva a cabo la implantación de los planes y recibe la acreditación de parte de tres consejos acreditadores. Es designado nuevamente como director por el periodo 2009-2013.

Impacto de los egresados de química

Vamos a citar únicamente a tres egresados de la facultad quienes, por sus logros, resultan ejemplares.

Luis Ernesto Miramontes Cárdenas. Inventor del primer anticonceptivo oral, nació en Tepic, Nayarit el 16 de marzo de 1925 y murió en la ciudad de México el 13 de septiembre del año 2004. Estudió el bachillerato en la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM, y la licenciatura en química en la FQ; fue investigador cofundador del Instituto de Química, realizando investigación en el área de la química orgánica. Destaca

la síntesis, el 15 de octubre de 1951, cuando Miramontes (1951) contaba con tan sólo 26 años de edad, de la noretisterona, que es el compuesto activo base del primer anticonceptivo oral sintético. Por dicho motivo se le considera su inventor. Luis E. Miramontes recibió la patente del compuesto junto con Carl Djerassi y George Rosenkranz, de la compañía química mexicana Syntex.

Mario Molina Henríquez Nació en la ciudad de México, en 1943, ingresó a la Escuela Nacional de Ciencias Químicas en 1960. Fue profesor asistente de nuestra Universidad entre 1967 y 1968. Inmediatamente, estudió un posgrado corto sobre cinética de polimerización en la universidad de Friburgo, en Alemania, y realizó su doctorado en la Universidad de California en Berkeley bajo la asesoría del reconocido

Sus estudios han contribuido de forma muy significativa al diseño, construcción y caracterización de vehículos moleculares para la clonación y expresión del ácido desoxirribonucleico (ADN). Francisco Bolívar *et al.* (1977) presentaron a la comunidad científica un plásmido —doble cadena de ADN circular— utilizado como vector de clonación. A partir de 1977 participa en la producción de proteínas humanas —como la insulina (Goeddel *et al.*, 1979) y la somatostatina— mediante técnicas de ingeniería genética en bacterias. Recibe el premio Príncipe de Asturias en 1991 y es nombrado investigador emérito de la UNAM en 2004. Además de dirigir el Instituto de Biotecnología se ha desempeñado como coordinador de la investigación científica de la UNAM y como presidente de la Academia Mexicana de Ciencias. Tiene más de 200 publicaciones en revistas y libros, las cuales han sido cita-

El Seminario de Investigación Educativa

de química atmosférica en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, en Boston. Accede a una plaza académica en la Universidad de California en San Diego y vuelve a México para presidir desde 2005 el centro que lleva su nombre: Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente.

Francisco Bolívar Zapata. Nace en marzo de 1948 en la ciudad de México. Estudió en la Facultad de Química la carrera de químico entre 1967 y 1971. Doctorado en química —bioquímica— por la UNAM, se le considera el fundador del Centro de Investigación de Ingeniería Genética y Biotecnología —actualmente Instituto de Biotecnología—, es uno de los investigadores más destacados en el desarrollo de técnicas para el manejo y caracterización del material genético de las células.

conducta—, o al Consejo Mexicano de Investigación Educativa, o por tener un posgrado en educación o una inequívoca y reconocida trayectoria en este terreno.

Sin embargo sus actividades habían sido esporádicas y poco sistematizadas. A partir de la integración del Seminario de Investigación Educativa (SIE) en el año 2002, un grupo de académicos con algunas de las características antes mencionadas se dieron a la tarea de unir lo que parecía estar separado. El seminario es coordinado por José Antonio Chamizo Guerrero, un experto en el área de historia y filosofía de la química. Lo primero fue iniciar una serie de seminarios mensuales sobre los temas que parecieran más relevantes. A este primer esfuerzo de reflexión compartida le siguieron varias acciones que es pertinente destacar:

—Diseño —desde 2003— e impartición —a partir de 2004— de la maestría en docencia para la educación media superior, campo de especialidad: química.

—Diseño e impartición del diplomado de química para profesores del bachillerato universitario.

—Destacan en el ámbito de la docencia y de la investigación educativa los trabajos del doctor Andoni Garritz Ruiz, editor de la revista *Educación química*, que acaba de cumplir en 2009 su vigésimo aniversario. Se han editado 90 números hasta el año 2010 con una participación de un 50 por ciento de autores extranjeros en los últimos diez años. Se ha abierto su página electrónica en <http://educacionquimica.info/>

—Organización y participación del Simposio internacional sobre la enseñanza experimental (2004).

—Autoría del libro *Más allá de las fronteras: la opinión de los estudiantes sobre la enseñanza experimental* (Kand, 2004).

—Autoría de los capítulos del *SE*, donde se describen los cursos impartidos en el departamento de Química que designa al departamento de Química que se prepara de esta planta. Se puede encontrar en la UNAM <http://depa.fquim.unam.mx/sie/publicaciones.htm>.

La investigación en química aplicada

Instituto de Investigaciones en Materiales

El Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) es una institución con una natural vocación interdisciplinaria y un ejemplo claro de la evolución que sufrió la ciencia a fines del siglo XX. En ese momento, el estudio de los materiales daba lugar a problemas en los que una visión únicamente química, física o de las diferentes ingenierías, era insuficiente; sólo la sinergia de estas disciplinas hacía posible la comprensión de los problemas. Históricamente, el IIM es el resultado de la evolución del Centro de Materiales, fun-

dado el 1 de febrero de 1967. A partir de entonces su nombre y su estructura interna sufrieron múltiples cambios: en 1969, cambió su nombre a Centro de Investigación de Materiales y en 1979 se transformó en el actual Instituto de Investigaciones en Materiales; en 1985, el departamento de energía solar se trasladó a la población de Temixco, Morelos, y cambió su nombre al de laboratorio de energía solar del IIM, y en 1996 se constituyó en el actual Centro de Investigación en Energía de la UNAM.

Desde el 6 de diciembre de 2002, el IIM quedó organizado académicamente en cuatro departamentos, los cuales se mantienen hasta la actualidad:

- 1) Materia condensada y criogenia,
- 2) materiales metálicos y cerámicos,
- 3) polímeros, y
- 4) reología y mecánica de materiales.

Actualmente, cada año acuden al IIM más de 250 estudiantes para realizar servicio social, estancias intersemestrales, tesis de licenciatura, maestría o doctorado y es un referente nacional por sus investigaciones en materiales y por la formación de expertos en esta área. El IIM, a través de algunos de sus investigadores ha recibido múltiples distinciones nacionales e internacionales. El impacto de sus investigaciones en la sociedad mexicana se ve plasmado por las temáticas que han dado lugar a patentes y desarrollos industriales en áreas de la química física y las ingenierías, algunos ejemplos a destacar son:

El doctor Gabriel Torres Villaseñor desarrolló una aleación compuesta por zinc, cobre y aluminio que fue llamada zinalco; los primeros resultados de esta aleación se presentaron a la comunidad internacional en 1980 y a mediados de esa década se inició la búsqueda de sus aplicaciones y su industrialización. Las principales ventajas de zinalco son: su amplio intervalo de punto de fusión, lo que permite sea inyectado en estado cuasi líquido, y su producción implica un ahorro considerable de energía. Presenta alta resistencia a la corrosión y sus aplicaciones se extienden a

las áreas de arquitectura —perfiles extrudidos—, auto-partes —engranes, carburadores, bombas, partes para transmisión, rines—, etc.; cerrajería —llaves extrudidas e inyectadas—, construcción —intersecciones de estructuras tridimensionales, techos de lámina—, control de fluidos —válvulas, filtros, reguladores—, instalaciones eléctricas —condulets, cajas, soportería de cable—, transporte colectivo —puntera negativa, bielass, porta-zapatos, zinaport I y II.

El doctor Julio Juárez Islas desarrolló y patentó un método para la fabricación de ánodos de sacrificio base magnesio. Al transferir al ánodo el daño corrosivo, basta cambiar periódicamente dicho ánodo para prolongar la vida útil de las estructuras metálicas. Actualmente, estos ánodos empiezan a ser usados por la industria portuaria en México.

de bajo costo para procesar y reciclar el hule de las llantas de desecho y otros desechos industriales para obtener hule modificado. Con ello se producen diversos materiales poliméricos e hidrocarburos de bajo peso molecular, útiles para la elaboración de productos de alto valor comercial como: aditivos, pinturas y adhesivos que pueden servir como materia prima para la elaboración de diesel. La doctora María Cristina Piña Barba elaboró y patentó un proceso para obtener esponjas de colágena. Este material se puede utilizar de manera destacada como biomaterial de relleno, de implante, de tejido conjuntivo, como transportador de células madre, como vehículo y dosificador de fármacos entre otras aplicaciones.

En otro desarrollo, la doctora Piña ideó un método para producir una cerámica de magnesio-whi-



Recientemente el doctor Octavio Manero Brito patentó un proceso para la obtención de películas y laminados nanocompuestos de termoplásticos y arcillas, los cuales pueden ser utilizados como techos, plafones, cancelas, y en los procesos de troquelado y termoformado. Para la fabricación de dichos compuestos también fue necesario inventar un cabezal mezclador estático cuyo diseño fue ideado por el doctor Antonio Sánchez Solís.

Actualmente existen grandes depósitos de llantas usadas en todo el país, lo cual origina graves problemas ecológicos y de salud pública, también son fuentes de incendios, contaminación y vectores de enfermedades infecciosas, al servir de depósitos de agua donde proliferan larvas de insectos. El doctor Mikhail Tlenkipatchev desarrolló y patentó un método

tlockita, la cual puede ser usada como biocerámica para reparación de hueso, reconstrucción o aumento del mismo. Se desarrollaron procesos para obtener implantes y polvo de hidroxiapatita —derivados de bovino— para ser usados en reemplazos de huesos e implantes. También se han patentado procesos para preparar biocementos óseos a partir de fosfato de calcio, con aplicaciones en relleno de cavidades óseas, fijador de prótesis metálicas e implante óseo en general.

Dentro de las aplicaciones de los materiales en medicina, el doctor Ricardo Vera Graziano desarrolló una tecnología de fabricación de prótesis mamarias a base de espuma de poliuretano, tecnología que fue transferida a la organización Grupo Reto. A través de ella, se fabricaron prótesis externas a bajo

costo para dar una solución estética a mujeres con tumores malignos a quienes se les amputó uno o ambos senos.

En el área de los dispositivos opto-electrónicos, las contribuciones de los doctores Armando Ortiz Rebollo y Juan Carlos Huitrón han sido importantes; se han patentado procesos de fabricación de estructuras electroluminescentes en película delgada, que son dispositivos opto-electrónicos capaces de emitir luz de distintos colores que tienen aplicaciones como fuente de luz fija en sistemas de iluminación ambiental, y de fondo en aplicaciones varias.

Dentro de esta misma línea, el doctor Takeshi Ogawa ha patentado procesos para la producción de nuevas materias primas para dispositivos opto-electrónicos, los cuales podrían utilizarse de manera



almacenar energía (pilas de combustible y nuevas baterías), la fabricación de cerámicas avanzadas piezoeléctricas y magnéticas, la generación de nuevas aleaciones metálicas con mejores propiedades mecánicas y la búsqueda de nuevas propiedades tales como la superplasticidad. En el departamento de estado sólido y criogenia, la investigación en la superconductividad, los nano-materiales, sus nuevas propiedades y sus posibles aplicaciones, los materiales amorfos, las películas delgadas y de manera general el desarrollo de nuevos materiales con propiedades prediseñadas. En el departamento de polímeros, la síntesis y caracterización de polímeros conductores eléctricos, de dendrímeros y su uso como vector de fármacos; el uso de polímeros para membranas con capacidad para separar gases y sus aplicaciones en la industria petroquímica para la

Agustín Ayala Castañares.

Fernando Walls.

amplia en la industria de las tecnologías de la información.

Paralelamente a toda la investigación aplicada descrita, el IIM genera investigación básica de gran calidad que lo hace tener un reconocimiento internacional indiscutible; se cuenta con laboratorios de investigación de gran envergadura, como lo es el laboratorio de superconductividad, del doctor Roberto Escudero Derat, que es muy reconocido a nivel mundial, donde se estudian fenómenos de transporte a temperaturas muy bajas y campos magnéticos intensos.

Las investigaciones básicas que actualmente se desarrollan en el IIM y las posibles aplicaciones que éstas abarcan son muy amplias, en el departamento de materiales metales y cerámicos se pueden citar las investigaciones sobre formas alternativas de producir o

separación de hidrocarburos ligeros. En el departamento de reología y mecánica avanzada, se realizan investigaciones sobre las propiedades reológicas y mecánicas de materiales complejos tales como polímeros, compuestos, emulsiones y granulados. Se llevan a cabo estudios de procesos ópticos y fotónicos de cristales, líquidos y fibras ópticas. También se estudian los mecanismos de fractura, fatiga y falla de materiales no lineales.

Estos son sólo algunos ejemplos de lo que se estudia en el Instituto de Investigaciones en Materiales, cuya investigación forma parte de lo que serán los materiales del futuro.

Centro de Investigación en Energía

La historia del actual Centro de Investigación en Energía (CIE) comienza en el Centro de Investigación en Materiales (CIM), fundado en 1967, donde en 1979 se establece el departamento de energía solar, cuyas principales líneas de investigación fueron las asociadas con las áreas del aprovechamiento fototérmico y fotovoltaico de la energía solar. Se gestó el proyecto de montar un laboratorio foráneo de energía solar, cuya construcción se terminó en agosto de 1984 en una superficie de 4 200 m² en Temixco, Morelos. La inauguración del Laboratorio de Energía Solar (LES) ocurrió en agosto de 1985.

Los objetivos específicos para los que fue creado el LES fueron: ofrecer las condiciones adecuadas para realizar las investigaciones básica y aplicada y el desarro-

desarrollada por los académicos del LES-IIM, desde su inauguración, conducen al Consejo Universitario a crear, el 13 de noviembre de 1996, el Centro de Investigación en Energía que entonces contaba con 24 investigadores y 10 técnicos académicos.

La química en el CIE

En el CIE, mucha de la investigación en química se realiza en el departamento de materiales solares y tiene que ver con la síntesis de nuevos materiales, la optimización de técnicas de depósito, la caracterización química y electroquímica de materiales y dispositivos del sector energético-ambiental, así como con la activación de superficies/interfaces y la depuración de los problemas de inestabilidad que se generan por

la degradación y corrosión de los materiales y estructuras desarrolladas. Las películas delgadas encuentran aplicaciones en recubrimientos ópticos y optoelectrónicos, específicamente como filtros ópticos, electrocrómicos y celdas solares. Asimismo, los nanocatalizadores elaborados pretenden impulsar las tecnologías de hidrógeno, particularmente en lo que se refiere al uso de materiales alternativos para el almacenamiento y producción de hidrógeno y la fabricación de celdas de combustible con mayor estabilidad y eficiencia al menor costo. En forma complementaria, la síntesis de materiales híbridos y de intercalación al igual que el estudio de los procesos electroquímicos que tienen lugar en el almacenamiento de energía, tienen como objetivo el desarrollo de baterías y supercapacitores, así como su aplicación en monitoreo y remediación ambiental, donde se han identificado los procesos

de una enorme variedad de contaminantes orgánicos de origen industrial presentes en el agua. Para aplicar dicho proceso se requiere la excitación de un catalizador semiconductor mediante radiación ultravioleta, lo cual implica un consumo importante de energía. El usar al Sol como la fuente de esta radiación UV hace al proceso muy atractivo desde el punto de vista ambiental. Actualmente se continúa con esta investigación. En particular, dentro del proyecto "Laboratorio nacional de sistemas de concentración solar y química solar", financiado conjuntamente por Conacyt y la UNAM, se instalará una planta piloto para fotocatalisis solar con un área de 100 m². Esta instalación tiene por objeto el estudio de los procesos a una escala mayor para buscar la posible transferencia de la tecnología.

La coordinación de geoenergía, del departamento de sistemas energéticos, ha desarrollado las líneas de

investigación de geoquímica analítica y geoquímica cuantitativa, principalmente con los siguientes objetivos: 1) crear y validar nuevas metodologías —así como mejorar las existentes— para la exploración y explotación de recursos energéticos de la Tierra; 2) evaluar y mejorar la calidad de datos experimentales; y 3) fomentar la interdisciplinariedad entre las ciencias de la Tierra, para coadyuvar en la solución de problemas geoenergéticos.

Una de las líneas de investigación de la coordinación de refrigeración y bombas de calor del departamento de sistemas energéticos es la relacionada con la obtención de propiedades termodinámicas y termofísicas para crear bases de datos de mezclas refrigerante-absorbente, utilizadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado operados con energía solar. Los sistemas térmicos de refrigeración estudiados son una alternativa a los sistemas tradicionales de refrigeración por compresión, utilizan como fuente de energía térmica que puede ser proveniente de colectores solares, calor geotérmico o de bombas de calor geotérmicas. Las propiedades termodinámicas que definen el equilibrio son utilizadas también para definir las condiciones de operación de los sistemas de absorción. Se realizan además cálculos de entalpía para las disoluciones, así como de propiedades de transporte, como la viscosidad.

Las ciencias del mar y la limnología

El estudio de la tierra, incluidos sus mares y aguas continentales, ha tenido cambios en distintas vertientes a lo largo de los últimos años, evolucionando a lo que ahora se llama ciencias de la Tierra, ciencias del mar y limnología, cuyo progreso reciente ha sido verdaderamente vertiginoso. Nunca como en la actualidad el estudio de la química de la tierra y el mar habían estado tan vigentes, esto se debe a la manera como el hombre ha utilizado los distintos recursos; basta revisar los grandes problemas que exhibe el planeta, como la contaminación, el cambio climático, la pér-

didada de biodiversidad y la sobrepesca mundial, todos conectados de alguna manera con procesos químicos.

La historia de la química en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICML), como en el resto de los centros de investigación marina del país, es muy breve, se remonta a los últimos 35 años y surge cuando se crea el entonces Centro de Ciencias del Mar y Limnología en 1973; gracias a la visión del doctor Agustín Ayala Castañares y al programa de Naciones Unidas, se incorporan los primeros químicos para realizar estudios esencialmente ambientales. Hasta la última década en la que ingresan tres investigadores con posdoctorado para trabajar específicamente geocronología reciente, química isotópica y remediación de la contaminación. En paralelo, ha ocurrido que algunos biólogos y bioquímicos han venido trabajando aspectos relevantes de química, con lo que se puede decir que hoy en el ICML laboran 14 investigadores que desarrollan líneas de investigación con alguna componente química. A diferencia de otros campos, el de ciencias del mar y limnología requiere de un enfoque inter y multidisciplinario, por lo que es frecuente que se trabaje con la participación de especialistas de distintas disciplinas.

Los químicos y biogeoquímicos del ICML en los últimos doce años publicaron un total de 332 artículos identificados en 108 diferentes revistas, sobresaliendo el *Marine Pollution Bulletin* y *Environmental Pollution*. Las revistas con mayor factor de impacto donde han publicado son *Science*, *Environmental Science & Technology*, *Limnology and Oceanography* y *Environmental Pollution*. De estas publicaciones se han derivado 3 261 citas y un factor H de 19, que en promedio corresponde a un $H=1/\text{año}$ (www.scopus.com). Por lo que respecta a recursos humanos, este grupo ha formado alrededor de 22 doctores, 95 maestros en ciencias y 117 licenciados. Los investigadores activos en algún tema de química del ICML son todos miembros del Sistema Nacional de Investigadores —diez nivel 1, tres nivel 2 y uno nivel 3—; cuatro de ellos han participado como expertos de la Agencia Internacional de Energía Atómica; dos

en el Grupo de expertos marinos (GESAMP-UNESCO) y otros seis han tenido financiamiento de proyectos internacionales —IAEA, Comunidad Económica Europea, Banco Mundial y de la Comisión US-Mexus—. Si tomamos en cuenta que una buena parte de los investigadores involucrados en la química en ciencias del mar y limnología son jóvenes, y que se encuentran en plena etapa de consolidación, el panorama que muestra este breve análisis es promisorio.

Las aportaciones de los biogeoquímicos del ICML abarcan dos tipos de estudios, los de las ciencias ambientales y los de carácter bioquímico. Si se pretende entender la contaminación costera de México desde la perspectiva del monitoreo, destino y origen de los contaminantes, es necesario considerar los estudios pioneros desarrollados por el ICML: mediante aplica-

recimientos algales que representan un riesgo y alto costo para los laboratorios de postlarva de camarón, son todos interesantes ejemplos en los que los colegas del ICML de la UNAM aplican la química y tienen implicaciones muy importantes para el sector social, las pesquerías, el turismo y la acuacultura.

La aplicación de la biogeoquímica en la acuacultura ha generado múltiples beneficios e impacto a nivel nacional e internacional.

Las primeras investigaciones en México sobre impacto ambiental, así como el desarrollo de un modelo sobre la dinámica del N y P en estanques de cultivo de camarón han sido hechos por los químicos del ICML; estos conocimientos, entre otros, han sentado las bases para evaluar los efectos de la actividad acuícola y planificar su crecimiento.



ciones de la isotopía y la radioquímica se han examinado los flujos, origen y fuentes del plomo en cuerpos de agua costeros y lacustres del país (Soto Jiménez *et al.*, 2006). Se ha modelado y predicho la reducción de las tasas de calcificación de los arrecifes coralinos asociada con el cambio climático y la acidificación oceánica (Hoegh Guldberg *et al.*, 2007). La bioquímica y la biología molecular de microorganismos marinos, incluido el transporte de iones en levaduras del ambiente marino; el aislamiento, purificación y caracterización de compuestos activos en anémonas y otros organismos; la fijación de nitrógeno por bacterias simbiotas como fuente de nitrógeno para los corales; los procesos de blanqueamiento y recuperación de las comunidades coralinas; así como el estudio de las biotoxinas marinas producidas por los flo-

Se han realizado estudios pioneros de fechado reciente con ^{210}Pb y ^{137}Cs en sedimentos de lagos, lagunas, humedales y de la zona costera de México documentando los flujos de contaminantes y reconstruyendo la historia de la contaminación reciente. Se han efectuado diversas aplicaciones de la isotopía estable (^{206}Pb , ^{207}Pb y ^{15}N) en las aguas y organismos de los humedales, aguas subterráneas y lagunas costeras al identificar y cuantificar las contribuciones relativas de materiales de desecho procedentes de la agricultura, acuacultura, ganadería, naturales y quema de gasolinas. Todo este conocimiento tiene un impacto directo para los sectores sociales, económicos y políticos, y resulta clave para planificar y ordenar el manejo y uso de la zona costera del país.

Autores y colaboradores

Raymundo Cea Olivares (IQ) y
Eduardo Cárdenas Lara (IQ), LA INVESTIGACIÓN.
Eduardo Bárzana García (FQ) y Andoni Garritz
García (FQ), LAS APLICACIONES.
Los autores de esta sección agradecen la
colaboración de Ana Myriam Rivas (FES Cuautitlán)
en la elaboración del inciso “La FES Cuautitlán:
modernidad y desarrollo”; la colaboración de
Martha Asunción Sánchez Rodríguez (FES Zaragoza)
en el inciso “El QFB de la FES Zaragoza,
un profesional con conciencia social”; a Alejandro
Villalobos Hiriart (Pemex), autor del inciso
“Desarrollo de la transformación industrial de los
hidrocarburos”, así como la revisión de Francisco
José Barnés de Castro (Pemex) y de Leopoldo
Rodríguez Sánchez (ADIAT); a Agustín López
Munguía Canales (IBT), la escritura del ensayo
“La ingeniería bioquímica en la UNAM” y a
Shirley Ainsworth (IBT) el apoyo en la búsqueda
de materiales bibliográficos; a Bernardo Campillo
Illanes (FQ), Juan Genescá Llongueras (FQ),
Carlos González Rivera (FQ) y a Francisco Javier

Rodríguez Gómez (FQ) la escritura del ensayo
“Química e ingeniería metalúrgica”;
a Santiago Capella Vizcaíno la elaboración del
inciso “Aportación de los egresados de la UNAM”;
a Nora Barba Behrens (FQ) y a Erika Martín
Arrieta (FQ) la escritura del inciso “La química
inorgánica”; a Manuel Navarrete Tejero (FQ)
la escritura del inciso “Química nuclear”;
a Ofelia Espejo González (FQ) y a Helgi Helene Jung
Cook (FQ) la escritura del inciso “La farmacia”;
a Jesús Gracia Fadrique (FQ) su colaboración en
la escritura del inciso “Fisicoquímica”; a Armando
Xavier Padilla Olivares (FQ) y a José Antonio
Chamizo Guerrero (FQ) por la elaboración del
inciso “La educación en química”; a Gonzalo
González (IIM) y a Ricardo Vera (IIM) en la
elaboración del inciso “Instituto de Investigación
en Materiales”; a Roberto Best y Brown (CIE)
por la elaboración del inciso “Centro de
Investigación en Energía”; y a Federico Páez
Osuno (ICMYL) la escritura del inciso “Las ciencias
del mar y la limnología”.

Referencias

- Ángeles, E., 2006, *Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial*, No. 235043, México.
- Ángeles San Martín, M.E., E. García-Ochoa y F.J. Rodríguez-Gómez, 2004, "An Evaluation of Epoxy Coatings Submitted to Multiple Thermal Immersion Aging", *Electrochemical Society Proceedings*, vol. 14, p. 74-83.
- Arriaga, E. et al., 2005, *Bases de datos del Comité de Biotecnología*, México, Academia Mexicana de Ciencias.
- Ávila, Javier, y Juan Genescá, 1989, *Más allá de la herrumbre. II. La lucha contra la corrosión*, México, FCE.
- . 1986, *Más allá de la herrumbre*, México, FCE.
- Ávila Galinzoga, Jesús, 2005, *Memoria de 55 años de actividades de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas*, México, IPN.
- Bargalló, Modesto, 1966, *La química inorgánica y el beneficio de los metales en el México prehispánico y colonial*, México, UNAM.
- Bolívar Zapata, Francisco, 2007, *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*, México, El Colegio Nacional.
- , et al., 1977, "Construction and Characterization of New Cloning Vehicles: II. A Multipurpose Cloning System", *Gene*, vol. 2, p. 96-133.
- Cabrera, G. et al., 2008, "Effect of the Presence of SiCp on Dynamic Behavior of Al-Si-based Alloys During Solidification", *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 23, núm. 1, p. 46-50.
- Cabrero Ruiz, C.O., 1989, "La influencia de los textos de química en el desarrollo de la enseñanza de la química en México", trabajo monográfico para titularse de la carrera de química farmacéutico-biológica, México, UNAM-FQ.
- Capella Vizcaíno, Santiago, 1991, "La química analítica en México: un panorama", en Andoni Garritz Ruiz (comp.), *La química en México. Ayer, hoy y mañana*, México, UNAM-FQ.
- , et al., 2006, "La huella en México de los químicos del exilio español de 1939", en A. Bolívar (coord.), *Científicos y humanistas del exilio español en México* [versión preliminar], México, Academia Mexicana de Ciencias, p. 155-172.
- Cárdenas, H., y Elisa Palomares (comps.), 2006, *Historia oral del Instituto de Química*, México, UNAM-IQ.
- Cassir, M. et al., 1986, "Separation of Lanthanum, Cerium and Lanthanum form Uranium Simples", *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 99, núm. 1, p. 39-44.
- Castro, P. et al., 1996, "Characterization of Activated Titanium Solid Reference Electrodes for Corrosion Testing of Steel in Concrete", *Corrosion*, vol. 52, núm. 8, p. 609-617.
- Cázares-Delgadillo J. et al., 2005, "Skin Permeation Enhancement by Sucrose Esters: A pH-Dependent Phenomenon", *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 297, p. 204-212.
- Charlot, Gaston, 1971, A Biographical Note, en "Regional Advisory Editors of The Analyst: Professor Gaston Charlot", *Proceedings of the Analytical Chemistry*, feb, p. 32-33.
- Consejo Mexicano para la Acreditación de la Educación Farmacéutica, 2006, *Acreditación al programa de química farmacéutico biológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza*, documento, México, 22 de agosto.
- Enríquez Perea, A. (comp.), 2000, *Exilio español y ciencia mexicana*, México, Colmex/UNAM.
- García Fernández, Horacio, 1985, *Historia de una facultad: Química 1916-1983*, México, UNAM-FQ-IIH.
- Garritz, Andoni, 2007, "Breve historia de la educación química en México", *Boletín de la Sociedad Química de México*, vol. 1, núm. 2, p. 77-97.
- , y José Antonio Chamizo, 1989, *Del tequesquite al ADN. Algunas facetas de la química en México*, México, FCE.
- Genescá, Juan, 1999, *Más allá de la herrumbre. III. Corrosión y medio ambiente*, México, FCE.
- Goeddel, D. et al., 1979, "Expression of Chemically Synthesized Genes for Human Insulin", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 76, p. 106-110.
- González, María, 2006, "The Effect of Heat Treatment on Local Solidification of Al-Si-Cu Alloy", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 176, p. 10-15.
- , 2007, "The Effect of Heat Treatment on the Mechanical Properties of Al-Si-Cu Alloy", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 190, p. 10-15.
- Holm, G., 1977, "The Chemistry of the Lanthanides and Actinides", *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, vol. 38, p. 1-10.
- Holm, G., 1977, "The Chemistry of the Lanthanides and Actinides", *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, vol. 38, p. 1-10.
- Kind, Vanesa, 2004, *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, México, UNAM-FQ/Santillana.
- León, Felipe, Joaquín Tamariz, y Gabriel Cuevas, 2009, "Desarrollo de la química orgánica en México" (en preparación).
- Mateos Gómez, José Luis, 2001, "La División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM. 35° aniversario", *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 45, núm. 3, p. 99-101.
- Miramontes, Luis, George Rosenkranz y Carl Djerassi, 1951, "Steroids. XXII. The Synthesis of 19-nor Progesterone", *Journal of the American Chemical Society*, vol. 73, p. 3540-3541.
- Molina, Mario, y F.S. Rowland, 1974, "Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atomic-Catalysed Destruction of Ozone", *Nature*, vol. 249, p. 810-812.
- Noguez, M.E., 2006, en *Semblanzas*, México, Colegio de Profesores de la Facultad de Química, cap. VII, p. 37-40.
- Orozco, Fernando, 1979, *Análisis químico cuantitativo*, México, Porrúa.

- Padilla, Xavier, 2001, "Génesis de una facultad", *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 45, núm. 3, p. 105-108.
- Pérez-Gavilán J. P., y G. Viniestra González, 1976, "Potencial del uso del estiércol en la alimentación de bóvinos", en Ricardo Moreno Chan (ed.), *Ciencia veterinaria*, vol. 1, p. 241-261.
- Peschard Mariscal, E., y G. Viniestra González, 1977, "Cost-analysis of Yeast Protein and RNA Production by Aerobic Fermentation of Cane Molasses", *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 7, p. 119-128.
- Peschard, E., V. Pacheco y G. Viniestra González, 1976, "Tecnología fermentativa del proceso Biofermel", *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 23, núm. 1, p. 28-32.
- Quéré Thorent, y M. Alain, 2009, "La cooperación franco-mexicana en química analítica", *Boletín de la Sociedad Química de México*, vol. 3, núm. 1.
- Quintero Ramírez, Rodolfo, 1987, *Ingeniería bioquímica: teoría y aplicaciones*, México, Alhambra.
- Ramírez-Argáez, Marco Aurelio, 2004, "Mathematical Modeling of a Direct Current Electric Arc: Part I. Analysis of the Characteristics of a Direct Current Arc", *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*, vol. 35, núm. 2, p. 369-372.
- , Pillar, 1987, "Los exilios españoles y la creación del Instituto de Química de la UNAM", en M. Luisa Cabella, *El exilio español y la UNAM*, México, UNAM-CESU.
- , et al., 1956, "Diagnóstico y análisis de la química en México", *Química y Desarrollo*, vol. 1, núm. 66, p. 35-42.
- , et al., 1981, "The Action of Bentonitic Earth on Natural Product Epoxides (I)", *Journal of Heterocyclic Chemistry*, vol. 18, p. 1475.
- Ramírez Marroquín, Alfredo, 1977, "Mixed Cultures in Production of Single Cell Protein from Agave", *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 7, p. 23-34.
- , 1961, *Principios de Microbiología Industrial*, México, Editorial Química.
- Saucedo Castañeda, G. et al., 1990, "Heat-Transfer Simulation In Solid Substrate Fermentation", *Biotechnology and Bioengineering*, vol. 35, p. 802-808.
- Soto-Jiménez, M.F. et al., 2006, "Chronicle a Century of Lead Pollution in Mexico: Stable Lead Isotopic Composition Analyses of Dated Sediment Cores", *Environmental Science & Technology*, vol. 40 p. 764-770.
- Valiente, Antonio, 1996, "La enseñanza de la ingeniería química en México", *Educación Química*, vol. 7, núm. 1, p. 16-24.