

Dimensión de la investigación biomédica

La década de los cuarenta fue una de las más fecundas de nuestro desarrollo científico. Se enviaban más becarios al extranjero y se abrían nuevos espacios para recibirlos.

LA DÉCADA DEL OPTIMISMO

El siglo XX se inició con buenos auspicios para la investigación biomédica en México. Las dos grandes corrientes de la medicina científica se propagaban en nuestro país. La fisiología tuvo sede en el Instituto Médico Nacional (Figura 1), creado en 1889, y ya en plena consolidación. En sus secciones se abordaban temas variados de química analítica, geografía, climatología y antropología médicas e historia natural. Se había rescatado la antigua línea de investigación sobre los efectos medicinales de nuestra flora vernácula, tema recurrente en todos los brotes de nacionalismo científico de nuestra historia. Las colecciones del herbario aumentaban hasta llegar a decenas de millares. Se purificaban principios activos, y de su estudio experimental nacía la farmacolo-

gía nacional, con buen número de trabajos que se publicaban mayoritariamente en las revistas propias del instituto: *La Naturaleza* y *El Estudio*, luego convertido en los *Anales*.

Hugo Aréchiga

También en 1899, Daniel Vergara Lope y Alfonso L. Herrera, en una amplia monografía sobre

La Vie dans les Hauts Plateaux, con observaciones realizadas en la Ciudad de México, refutaban tesis en boga acerca de los efectos limitantes de la hipoxia sobre el desarrollo físico y mental de sus habitantes. La obra había sido distinguida con mención especial en certamen del Instituto Smithsonian.

En el propio Instituto Médico destacaban ya los trabajos de Manuel Uribe y Troncoso sobre la formación y circulación del humor acuoso, publicados en prestigiosas revistas internacionales. En 1900, la Facultad de Medicina recibía su primera remesa de equipo de laboratorio de fisiología.

La otra vertiente fundamental de la medicina científica, la microbiología médica, también llegaba a nuestro país. Apenas tres años después de su introducción en París, ya se producía vacuna antirrábica en México, y la investigación en ese campo tenía flamante sede en el Instituto Bacteriológico Nacional, fundado en 1889 y que en 1905, dirigido por Ángel Gaviño, establecía una valiosa colección de cepas microbianas, por donación del Instituto Pasteur. Aquí desarrollaría Howard Taylor Ricketts sus clásicos trabajos sobre tifo. Además, el Hospital General, inaugurado en 1905, creaba un laboratorio de investigación microbiológica.

La anatomía patológica se iniciaba con el Museo Anatómopatológico, en 1896, institución que tres años después se transformaría en Instituto Patológico, el primero en Latinoamérica. La investigación era dada a conocer en el boletín del propio instituto. Además, en sus salas se acumulaban valiosas piezas anatómicas. En Yucatán, el danés Harald Seidelin, en breve estancia de cuatro años, introducía la anatomía patológica y describía la leishmaniasis cutánea, conocida como “úlcer de los chicleros”.

Los avances de la biomedicina nacional fueron presentados en el II Congreso Médico Panamericano, celebrado en la Ciudad de México en 1896, y la producción científica mexicana era ya tomada en cuenta en el *Catálogo de Bibliografía Científica* compilado por la prestigiosa Royal Society de Londres.

Parecía cierto el despegue científico del país y su incorporación plena al mundo del conocimiento. Pero los rezagos en materia social y política eran aún mayores que en lo científico. El impulso a la ciencia y a la educación fue tardío e insuficiente para impedir el estallido de la revolución.

EL DECENIO TRÁGICO

Ningún desarrollo de consideración ocurre en la ciencia mexicana entre 1911 y 1920. En ese lapso, la energía del país se consumió en alimentar el fuego de la revolución, en el que, si bien sucumbieron las estructuras científicas del porfiriato, también se fraguó el proyecto del México moderno. En 1915, en la sede original del Instituto Médico Nacional, se establece el Instituto de Biología General y Médica, donde modestamente, Fernando Ocaranza realiza estudios sobre la poliglobulia de las altitudes, y en la Facultad de Medicina impulsa la enseñanza de la fisiología y las demostraciones de laboratorio, por las que pasarían los futuros líderes de la medicina científica del país. Al igual que en casi todo el siglo anterior, la cátedra fue el refugio de una ciencia paralizada.

EL NUEVO PROYECTO

En la década de los veinte, salieron a prepararse en los centros cimeros de Estados Unidos y Europa jóvenes talentosos, dispuestos a construir el nuevo proyecto de la ciencia en México. Gustavo Baz, Ignacio Chávez, Salvador Zubirán, José Joaquín Izquierdo, Manuel Martínez Báez, Arturo Rosenblueth y muchos otros serían creadores de instituciones de

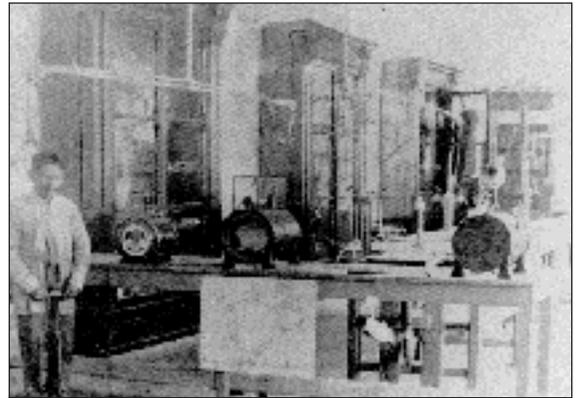


Figura 1. Laboratorio del Instituto Médico Nacional. Primeras instalaciones para experimentación biomédica en México.

investigación biomédica en las décadas siguientes.

Además, surgieron primordios de investigación local. Así, en 1924, en su tesis recepcional como médico, Anastasio Vergara se adelanta a los conceptos de su tiempo, proponiendo la regulación hipotalámica de la hipófisis y anticipando el concepto de neurosecreción. En 1928, Eliseo Ramírez, brillante autodidacto, remata sus estudios sobre fisiología reproductiva proponiendo, cuatro años antes que Papanicolau, los estudios de citología exfoliativa como base para el estudio del ciclo menstrual y el embarazo (Figura 2). En el Hospital General, Maximiliano Ruiz Castañeda, con Herman Mooser y Hans Zinsser, realiza sus estudios



Figura 2. Publicación de Eliseo Ramírez sobre la citología exfoliativa. Algunos de los trabajos pioneros de investigación biomédica en México.

seminales sobre tifo, y luego avanza en el estudio de la brucelosis.

En 1929, al decretarse la autonomía de la Universidad Nacional, las instalaciones de la Dirección de Estudios Biológicos pasaron a constituir el Instituto de Biología de la Universidad. Ahí realizó Ochoterena, en 1930, la primera descripción de las microfí-larias de *Onchocerca volvulus* ocular.

Durante los años cuarenta, superados los enfrentamientos bélicos, el país fortalecía su vida institucional y ampliaba sus horizontes. Se enviaban más becarios al extranjero y se abrían nuevos espacios para recibirlos. Este contingente haría de esta década una de las más fecundas de nuestro desarrollo científico. El esquema de desarrollo de la investigación biomédica entre 1940 y 1970 estuvo caracterizado por la creación de instituciones nacionales, tanto en el sector salud como en el educativo (Cuadro 1).

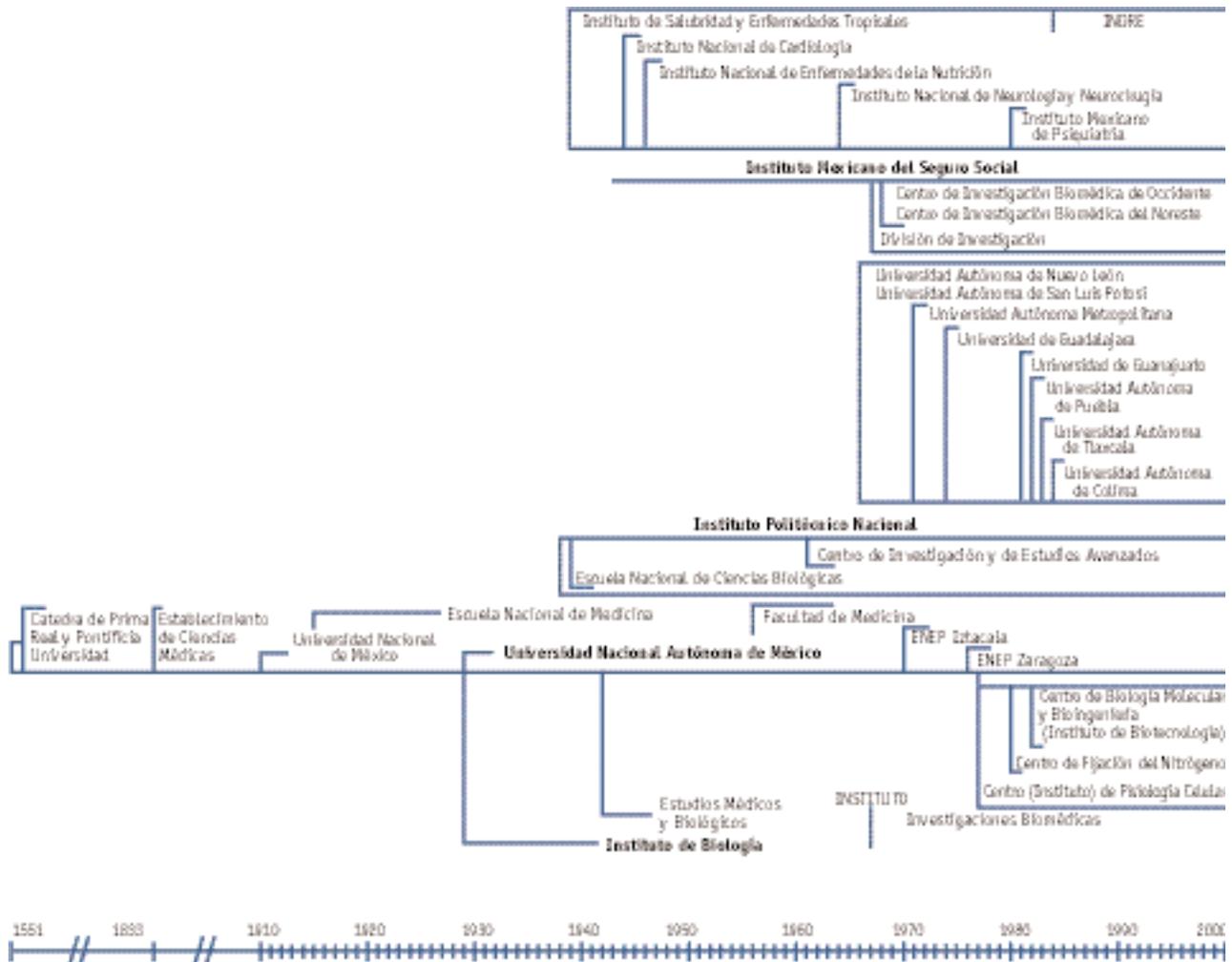
La investigación biomédica destacó de manera fundamental en el Instituto Nacional de Cardiología fundado en 1944

LA INVESTIGACIÓN EN LAS INSTITUCIONES DE SALUD

La microbiología y la parasitología médicas encuentran un espléndido alojamiento en el Instituto de Salubridad y de Enfermedades Tropicales, que abre sus puertas en 1939, luego de varios años de planeación a cargo de un grupo de expertos encabezado por Manuel Martínez Báez (quien fue luego su director fundador), Eliseo Ramírez y Gerardo Varela. Se constituyó así el primer grupo de investigadores médicos mexicanos dedicados de tiempo completo al quehacer científico. Se dotó de instalaciones y medios de trabajo a una brillante generación de jóvenes mexicanos formados en centros de excelencia del extranjero. Entre las contribuciones principales destacan las de Luis Mazotti en helmintología, de Luis Vargas en entomología médica, Alberto P. León, Teófilo García Sancho y Samuel Morones, en infectología. Miguel Bustamante es el fundador indiscutido de la epidemiología en el país, y Enrique Beltrán el iniciador de nuestra protozoología. Luego se incorporaron Antonio González Ochoa, futuro líder de la micología médica y José Zozaya, quien, con Gerardo Varela, realizaría valiosas contribuciones a la microbiología. Efrén del Pozo, adiestrado en Harvard, creó un laboratorio de fisiología, y el propio Manuel Martínez Báez hizo contribuciones fundamentales a la patología de las enfermedades parasitarias.

Ahí cobró forma el concepto nuclear de los institutos nacionales de salud, de que la investigación y la enseñanza son el mejor estímulo para elevar la calidad de la atención hospitalaria. La *Revista del Instituto de Salubridad y de Enfermedades Tropicales* fue referencia obligada en ese campo de estudio. Esta institución, ya como Instituto Nacional de Referencia Epidemiológica “Manuel Martínez Báez”, es sede de un valioso grupo de investigadores que estudian diversos padecimientos transmisibles.

La investigación biomédica destacó de manera fundamental en el Instituto Nacional de Cardiología (hoy denominado Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”), fundado en 1944. Fue el primero en el mundo en esa especialidad, y tuvo a la investigación como su columna vertebral. Además, incluyó, desde su creación, departamentos de investigación biomédica. Cada grupo estaba encabezado por un líder con reconocimiento internacional. Así, al frente del Departamento de Electrocardiografía estaba Demetrio Sodi Pallares, autoridad mundial en ese campo, y pronto congregó a figuras de la talla de Enrique Cabrera,



Cuadro 1. Evolución de las instituciones de investigación biomédica en México. (Modificado de Aréchiga, 1995.)

Abdo Bisteni, Gustavo Medrano, Alfredo de Michelli y muchos más, quienes constituyeron una brillante escuela mexicana en esa disciplina, con amplio reconocimiento internacional.

El Departamento de Fisiología quedó a cargo de Arturo Rosenblueth, quien regresó al país luego de una prolongada estancia en la Universidad de Harvard, donde se había constituido en uno de los líderes de la fisiología mundial. Al incorporarse al país, formó uno de los grupos más importantes de la fisiología nacional. Ahí se iniciaron jóvenes mexicanos que luego destacarían en el extranjero, como Ricardo Mile-di, Rafael Rubio, Hugo González Serratos, David Erluj y otros, así como actuales líderes de la ciencia mexicana. En este departamento, Ramón Álvarez Buylla y José Ramírez de Arellano registraron en 1952, por primera vez en el mundo, la actividad eléctrica de un receptor sensorial, el corpúsculo

de Pacini, y Jesús Alanís, con Enrique López y Hugo González, hicieron lo propio con la actividad eléctrica del haz de His, en una contribución que ha sido reputada como una de las cien más importantes en la historia de la cardiología. Rosenblueth mismo, con Juan García Ramos, realizó estudios fundamentales sobre el origen de las arritmias cardíacas, de los que surgieron modelos matemáticos de diversos procesos fisiológicos, algunos en colaboración con Norbert Wiener y sus alumnos del Instituto Tecnológico de Massachusetts, que fueron luego determinantes en la gestación de la cibernética. Se avanzó en el estudio de la sensibilización

por deservación y de la naturaleza del fenómeno excitatorio.

El Departamento de Farmacología fue encabezado por Rafael Méndez, distinguido científico español, fundador de nuestra escuela de farmacología. Algunos de los alumnos de Méndez, como Jorge Aceves, Rafael Rubio, David Erlij, Emilio Kabelá, Gustavo Pastelín, Antonio Morales Aguilera y muchos otros, se convirtieron en líderes en distintas áreas de la investigación biomédica.

Entre 1938 y 1984 se crearon 39 instituciones de investigación médica

Dado el interés institucional, Méndez y su grupo orientaron sus esfuerzos al estudio de fármacos de interés en cardiología, y sus estudios sobre el mecanismo de acción de digitálicos son referencia obligada en el campo.

El Departamento de Anatomía Patológica quedó a cargo de Isaac Costero, alumno de Pío del Río Hortega y emigrado a México desde 1938; ya había fundado el servicio de anatomía patológica en el Hospital General, y era el maestro indiscutido de esa especialidad en México. Bajo su tutela se formó un espléndido grupo de patólogos, como Ruy Pérez Tamayo, quien luego devino en líder de la escuela mexicana de patología; Rosario Barroso Moguel, Raúl Contreras, Agustín Chávez y varios más. De ese grupo derivaron también nuevas líneas de estudio, como la microscopía electrónica, encabezada por Adolfo Martínez Palomo. Surgieron también importantes contribuciones de los departamentos de bioquímica, con Edmundo Calva; embriología, con Victoria de la Cruz; nefrología, con Herman Villarreal; he-

modinámica, con Rodolfo Limón, Víctor Rubio, Enrique Staines y Mario Testelli, y radiología, con Narno Dorbecker, quien, con Ignacio Chávez y Alejandro Celis desarrollaría el celebrado método radiológico de angiocardiógrafa intracardiaca directa.

En 1946 se funda el Hospital de Enfermedades de la Nutrición, que después cambiaría su nombre por el de Instituto Nacional de la Nutrición, al fusionarse con el Instituto Nacional de Nutriología, fundado por Francisco de Paula Miranda en 1943. Recientemente ha cambiado nuevamente denominación, convirtiéndose en Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". Con el liderazgo de Salvador Zubirán, se integra ahí uno de los grupos más brillantes de la investigación en salud en el país. Estuvo conformado inicialmente por Bernardo Sepúlveda en gastroenterología, Francisco Gómez Mont en endocrinología, Luis Sánchez Medal y José Báez Villaseñor en hematología, Roberto Llamas en bioquímica y otros futuros líderes de la medicina mexicana.

Una de las líneas fundamentales de investigación biomédica en el instituto ha sido la de los trastornos de la nutrición. Ahí se retomó la agenda del antiguo Instituto Nacional de Nutriología. Guillermo Massieu, René Cravioto y Jesús Guzmán desarrollaron amplios estudios de la composición química y la valoración nutritiva de los alimentos mexicanos. Zubirán y Gómez Mont realizaron su reputado estudio acerca de los efectos de la desnutrición sobre el sistema endocrino. En ese campo, destaca la sólida labor de Adolfo Chávez y de Héctor Bourges, quienes estudiaron los patrones nutricionales de la población nacional y buscaron opciones para mejorarla.

La biología de la reproducción ha tenido particular desarrollo en el instituto, desde los estudios de Carlos Gual sobre el efecto de hormonas hipotalámicas y luego en los de Tomás Morato, Gregorio Pérez Palacios, Alfredo Ulloa, Fernando Larrea, Vicente Díaz, Josué Garza, Felipe Vadillo, Ana Elena Lemus, María del Carmen Cravioto y un amplio grupo de líderes de esa especialidad, cuyos trabajos han tenido repercusión y reconocimiento, tanto nacional como internacional. La genética humana ha logrado gran desarrollo con Rubén Lisker y Osvaldo Muchinik.

La investigación biomédica ha florecido en el Departamento de Nefrología con Alfonso Rivera, José Carlos Peña y Federico Dies, inicialmente y, en los años recientes, con Ricardo Correa y sus colaboradores.

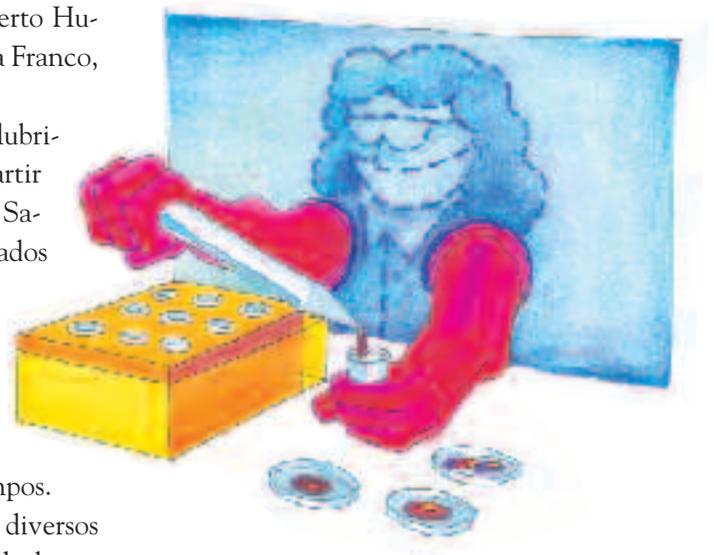
La patología fue encabezada inicialmente por Edmundo Rojas y Franz von Lichtenberg, y luego por Ruy Pérez Tama-
yo con valiosas contribuciones en el fenómeno inflamatorio crónico y la participación de la colágena, y actualmente por Rogelio Hernández Pando y sus estudios sobre tuberculosis experimental.

En el Departamento de Bioquímica, con el liderazgo de Guillermo Soberón, se formó un distinguido grupo de investigadores sobre metabolismo nitrogenado, algunos de los cuales, como Jaime Mora, Rafael Palacios y Jaime Martuscelli, se trasladaron luego a la UNAM, con Soberón. Otros, como Carlos Gitler y Marcos Rojkind, pasaron al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del IPN o a otras instituciones y, en los recientes años, Alberto Huberman ha encabezado el departamento, con Rebeca Franco, trabajando en neuroendocrinología y metabolismo.

De hecho, cabe destacar que la Secretaría de Salubridad y Asistencia, desde su creación en 1940, y a partir de 1982 en su actual denominación de Secretaría de Salud, continuó su labor formativa de institutos dedicados a estudiar los principales problemas de salud del país. Entre 1938 y 1984 se crearon 39 instituciones de investigación médica; algunas de ellas desarrollan labor científica de nivel internacional. Los diez institutos nacionales de salud están a la avanzada en la investigación en sus respectivos campos. Sus contribuciones enriquecen el conocimiento en diversos temas de estudio y contribuyen al mejoramiento de la salud de los mexicanos. Son un ejemplo magnífico de la utilidad social de la ciencia.

En ellos ha florecido la biomedicina; así, en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, se creó en 1964, por iniciativa de su fundador, Manuel Velasco Suárez, una Unidad de Investigaciones Cerebrales, dirigida por Raúl Hernández Peón, donde éste realizó sus primeros estudios sobre el sustrato neurofisiológico del sueño. Luego, Augusto Fernández Guardiola, Carlos Guzmán y Hugo Solís desarrollaron un continuado programa de investigación sobre neurofisiología, y Julio Sotelo sobre neuropatología, encontrando nuevos enfoques en el tratamiento de la neurocisticercosis.

En el Instituto Mexicano de Psiquiatría, fundado por Ramón de la Fuente en 1980, se ha consolidado un valioso grupo de investigación en neurofisiología, con Augusto Fernández Guardiola, Javier Álvarez-Leefmans, José María Calvo, Carlos Paz y otros investigadores que trabajan en temas



**Los diez institutos
nacionales de salud son
un ejemplo magnífico
de la utilidad social
de la ciencia**

tan variados como la epilepsia y la biofísica de membranas excitables.

En el Instituto Nacional de Salud Pública han desarrollado líneas de investigación en epidemiología molecular Alejandro Cravioto, Raúl Ondarza y un valioso grupo de jóvenes investigadores.

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

Paralela al impulso de la investigación médica en las instituciones de la Secretaría de Salud, destaca la labor del Instituto Mexicano del Seguro Social, creado en 1943, y en el que se han dado importantes desarrollos científicos. Un grupo que alcanzó gran repercusión internacional fue el dedicado al estudio de la biología del desarrollo, con expertos de distintos campos de la biomedicina. Así, Adolfo Rosado, Juan José Hicks, Nieves Pedrón y Alejandro Reyes estudiaron los mecanismos bioquímicos de la capacitación del espermatozoide; Carlos Beyer, Gabriela Morali, María Luisa Cruz, Carlos Kubli, Miguel Cervantes y sus colaboradores analizaban los aspectos neurofisiológicos

En el Instituto Nacional de Salud Pública se han desarrollado notables líneas de investigación en epidemiología molecular

del comportamiento reproductivo; Arturo Zárate ha estudiado los efectos de neurohormonas hipotalámicas en la clínica ginecológica, y Jorge Martínez Manatou ha contribuido al desarrollo de fármacos anticonceptivos. Roberto Kretschmer ha desarrollado una fructífera línea de investigación en inmunología y en la patogenia de la amibiasis, Luis Benítez Bribiesca en oncología, Fabio Salamanca y Salvador Armendáres en genética, y Onofre Muñoz, Javier Torres y un amplio grupo en infectología pediátrica. Jesús Kumate, con Armando Isibasi, integró un grupo de infectólogos de alto nivel, trasladando la línea de investigación iniciada en el Hospital Infantil. Marcos Velasco trabajó en neurofisiología; Héctor Ponce Monter y Berta Ortega en neurofarmacología, y Dante Amato en fisiología renal. Xavier Lozoya y Mariana Meckes han desarrollado una línea de investigación sobre plantas medicinales.

LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Con la autonomía, en 1929, la Universidad Nacional recibe del gobierno federal el patrimonio y el subsidio necesarios para cumplir sus funciones, incluyendo importantemente la investigación científica, y con su ley orgánica de 1946 inicia una nueva era de expansión y desarrollo que culmina en 1954 con la creación de la figura de profesor e investigador de carrera, que aunque implantada quince años después que en las instituciones de salud, pronto se constituye en estímulo para nuevas generaciones de jóvenes investigadores. Además, al final de la década de los cuarenta, se gesta el gran proyecto de construcción de la Ciudad Universitaria, cuyas magníficas instalaciones fueron inauguradas en 1952 alojando ya a diversas facultades e institutos. La Facultad de Medicina se trasladó en 1956, ya con varios departamentos a cargo de profesores e investigadores de carrera; así, en el Departamento de Fisiología, bajo la dirección de José Joaquín Izquierdo, se formó un grupo de investigación con Alberto Guevara Rojas en fisiología renal, Raúl Hernández Peón y Carlos Alcocer en neurofisiología, Francisco Alonso de la Florida en inmunología y luego un gran número de alumnos de éstos, como Héctor Brust, José Peñaloza, Roberto Folch, Enrique Gijón, Hugo Aréchiga y luego Beatriz Fuentes, Rosalinda Guevara, Héctor Ulises Aguilar y varios más. Ahí realizó también su generosa labor docente José Puche. En el Departamento de Bioquímica, bajo la jefatura de José Lagu-

na, se integró un brillante grupo de investigadores con Félix Córdoba, Raúl Ondarza, Jesús Guzmán y Carlos del Río, al que luego se incorporaron Sergio Estrada Orihuela, Armando Gómez Puyou, Antonio Peña, Enrique Piña, Marietta Tuena y varios más. En farmacología, Efraín Pardo Codina encabezó un grupo de jóvenes investigadores, entre ellos Julián Villarreal, Horacio Vidrio, Gaudencio Alcántara, Rodolfo Rodríguez Carranza, Enrique Hong y otros más. En la Unidad de Patología de la Facultad de Medicina en el Hospital General, fundada por Ruy Pérez Tamayo, se formó un excelente grupo de investigadores como Luis Felipe Bojalil, quien luego pasaría a encabezar el Departamento de Microbiología y Parasitología de la propia facultad; y Marcos Rojkind y Jorge Cerbón, quienes se incorporarían al Cinvestav, como veremos luego. En el Departamento de Psicología Médica y Salud Mental, fundado por Alfonso Millán, se inició en nuestro país, bajo la dirección de Ramón de la Fuente, la orientación científica y biológica de esa especialidad, que culminaría en 1980 al crearse el Instituto Mexicano de Psiquiatría.

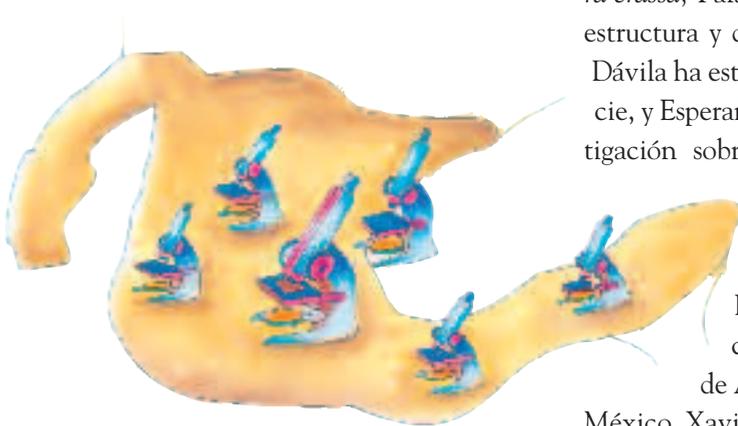
Ya desde 1942, bajo la dirección de Ignacio González Guzmán, la UNAM crea el Laboratorio (luego Instituto) de Estudios Médicos y Biológicos (actualmente Instituto de Investigaciones Biomédicas). El propio fundador del instituto realizó valiosas contribuciones en biología celular y hematología, destacando el papel de transformaciones morfológicamente identificables del nucleolo de linfocitos en el envejecimiento y en diversos padecimientos. Desde su origen, el instituto recibió a distinguidos científicos españoles exiliados, como el neurólogo y anatomista Dionisio Nieto, quien fundó una escuela en neuroanatomía de la que han surgido líderes en ese campo, como Alfonso Escobar.

Un grupo particularmente importante surgido del instituto es el de fisiología, formado bajo la guía de Efrén C. del Pozo. Con él se preparan fisiólogos de la talla de Guillermo Anguiano, José Negrete, Carlos Guzmán Flores, Augusto Fernández Guardiola y los alumnos de éstos, como Carlos Beyer, Flavio Mena, Pablo Pacheco y Manuel Salas, actualmente líderes en estas disciplinas. A este grupo se incorporaron Francisco Alonso de la Florida, Fernando Antón Tay, José Luis Díaz, Alejandro Bayón, Carlos Valverde, Fructuoso Ayala, Esther García Castells, y más recientemente, Carlos Arámburo, León Cintra, Sofía Díaz, Gonzalo Martínez de la Escalera, Carmen Clapp, María Sitges y varios más. Este grupo ha contribuido destacadamente en neuroendocrinología,

Destaca la labor del IMSS, creado en 1943, donde se han dado importantes desarrollos científicos

neurobiología del desarrollo y neurobiología integrativa, y de él han surgido ya dos importantes proyectos de desarrollo científico institucional. Uno de ellos es el Centro de Neurobiología de la UNAM, en Querétaro, encabezado por Flavio Mena, y otro el Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, creado por Pablo Pacheco y sus colaboradores en Jalapa.

Otros grupos productivos del Instituto de Investigaciones Biomédicas son el de biología del desarrollo, con Mario Castañeda y Lino Díaz de León, y ahora encabezado por Horacio Merchant, y el de biomatemáticas, fundado por José Negrete, con Guillermina Yankelevich, Pedro Solís Cámara y otros investigadores. Más recientemente, Patricia Ostrosky y sus colaboradores han integrado un productivo grupo de estudio sobre toxicología ambiental. Uno de los desarrollos más importantes del instituto es sin duda en el área de inmunología, particularmente en el campo de la relación huésped-parásito, que ha congregado a varios líderes del campo como Librado Ortiz, Carlos Larralde, Kaethe Willms, Ana Flisser y Juan Pedro Laclette, así como en el estudio de virus, con Romilio Espejo, Carmen Gómez y sus colaboradores. En 1965, bajo la dirección de Guillermo Soberón, el instituto



**Con la autonomía, en 1929,
la Universidad Nacional
recibe del gobierno
federal el patrimonio y
el subsidio necesarios
para cumplir sus funciones**

creó el Departamento de Biología Molecular, con Jaime Mora y Rafael Palacios, al que luego se incorporó Francisco Bolívar. Ellos han sido los líderes de un amplio programa de desarrollo de esa disciplina, que ha llevado a la creación de dos instituciones más de la UNAM en Cuernavaca, el Centro de Fijación del Nitrógeno y el Centro de Biología Molecular y Bioingeniería (actualmente Instituto de Biotecnología), y que a la sazón, son el semillero más importante de biólogos moleculares en el país. En el Centro de Fijación del Nitrógeno, Mora ha continuado sus estudios sobre la regulación del metabolismo nitrogenado del hongo *Neurospora crassa*; Palacios ha mantenido su línea de trabajo sobre la estructura y dinámica del genoma de *Rhizobium*; Guillermo Dávila ha estudiado rearrreglos genómicos en esa misma especie, y Esperanza Martínez ha desarrollado una línea de investigación sobre mecanismos moleculares de comunicación

entre plantas y bacterias simbióticas. Más recientemente se ha añadido un grupo de jóvenes colaboradores como Julio Collado y otros. En el Instituto de Biotecnología, Bolívar ha continuado sus estudios sobre la recombinación de ADN *in vitro*, aislando por primera vez genes en México. Xavier Soberón estudia, *in vitro*, mediante ADN recombinante, la evolución de proteínas. Carlos Arias y Susana López, ahora de manera independiente, continúan la línea de investigación que iniciaron con Romilio Espejo en el estudio de rotavirus y sus mecanismos de infectividad. Alejandro Alagón y Paul Lizardi han estudiado la organización genética de *Entamoeba histolytica*. Mario Soberón ha analizado mecanismos moleculares de fijación del nitrógeno en *Rhizobium*. Edmundo Calva ha contribuido al estudio de mecanismos moleculares de infectividad de *Salmonella typhi* y *Escherichia coli*. Lourival Possani ha desarrollado una productiva línea de investigación en la purificación de toxinas de alacrán y la caracterización de sus mecanismos de acción. Patricia Joseph-Bravo y Jean-Louis Charli estudian mecanismos moleculares de degradación de neuropéptidos y, más recientemente, Alberto Darszon ha continuado ahí sus estudios sobre canales iónicos. Luis Covarrubias y Mario Zurita estudian mecanismos moleculares de diferenciación y de muerte celular.

En el Instituto de Biología se conformó un grupo de neuroquímica, encabezado por Guillermo Massieu, con Ricardo Tapia y Herminia Pasantes, al que luego fueron incorporándose valiosos investigadores adiestrados ahí mismo, como

Ana María López Colomé, Graciela Meza, Miguel Pérez de la Mora, Rocío Salceda y María Elena Sandoval. A este grupo se unió otro de bioquímica y bioenergética, integrado por Armando Gómez Puyou, Antonio Peña, Marietta Tuena, Victoria Chagoya, Adolfo García Sáinz, Aurora Brunner, Edgardo Escamilla, Jesús Manuel León Cázares, Heliodoro Celis y José Luis Molinari. Luego se incorporaron neurofisiólogos como René Drucker y Simón Brailowsky, e ingenieros como Rolando Lara y Francisco Cervantes, que introdujeron el valor de la modelística en el estudio del sistema nervioso.

Éste fue el núcleo fundador del Centro de Fisiología Celular (hoy Instituto de Fisiología Celular), que luego se expandió con la incorporación de Georges Dreyfus, Jaime Mas y Diego González Halphen en bioenergética, y de Alfonso Cárabez y Ruy Pérez Monfort, en biología celular. Con la dirección de Antonio Peña, y luego de Georges Dreyfus, el instituto se ha desarrollado hasta constituirse en uno de los núcleos más importantes de investigación biomédica del país. Se ha incorporado un brillante núcleo de neurobiólogos que incluye a Raúl Aguilar, José Bargas, Federico Bermúdez-Rattoni, Francisco Fernández de Miguel, Elvira Galarraga, Arturo Hernández Cruz, Marcia Hiriart, Julio Morán y Ranulfo Romo. El grupo de bioquímica se ha ampliado con Ana Luisa Anaya, Rolando Hernández y Salvador Uribe; todos ellos son ya líderes en sus respectivas áreas de investigación. En sus diversos temas de estudio, las contribuciones de los investigadores del instituto son de las más destacadas de la biomedicina nacional.

En la Facultad de Ciencias se ha desarrollado la ultraestructura, en el laboratorio de Gerardo Vázquez Nin y Olga Echevarría, y más recientemente, María Luisa Fanjul ha iniciado una línea de investigación en cronobiología de crustáceos.

En la Facultad de Psicología, Rogelio Díaz Guerrero, Rolando Díaz Loving, María Corsi, Benjamín Trillo y Graciela Rodríguez han iniciado una interesante línea de estudio sobre psicología de la salud. En la ENEP Iztacala, Thalía Harmony desarrolló una línea de investigación en neurofisiología integrativa. En la ENEP Zaragoza, Roberto Domínguez Casalá ha formado un grupo de investigación sobre endocrinología.

El grupo más reciente es el del Centro de Neurobiología, en Querétaro, dedicado fundamentalmente a neuroendocrinología, con investigadores de esa especialidad del Instituto de Investigaciones Biomédicas, encabezados por Flavio Mena, y con Manuel Salas, León Cintra, Sofía Díaz, Carlos Val-

verde, Carmen Aceves, Gonzalo Martínez de la Escalera, Carmen Clapp y otros valiosos neurobiólogos. Ahí está la línea de estudios sobre fenómenos cognoscitivos, con José Luis Díaz, y más recientemente se han incorporado egresados del laboratorio de Ricardo Miledi, y con la colaboración del propio Miledi, como Rogelio Arellano y Jesús García, graduados del Cinvestav, y Gabriel Gutiérrez.

A fines de los 40 se gesta el gran proyecto de construcción de la Ciudad Universitaria

En 1938 se fundó el Instituto Politécnico Nacional, y en su Escuela Nacional de Ciencias Biológicas se invitó a formar los departamentos de ciencias básicas de la naciente escuela a distinguidos científicos mexicanos como José Joaquín Izquierdo, quien combinó esta responsabilidad con sus labores en la universidad y con la docencia en la Escuela Médico Militar. Luego, Izquierdo cedió su lugar a Efrén C. del Pozo. Además, esa escuela recibe la espléndida contribución de un distinguido grupo de inmigrantes, particularmente procedentes de España, como Ramón Álvarez Buylla, quien se hace cargo del laboratorio de fisiología, y Manuel Castañeda Agulló y Luz María del Castillo, en bioquímica. En la docencia, dejaron honda huella Cándido Bolívar, Federico Bonet, Adela Barnés, Francisco Giral, Enriqueta Ortega, Bibiano Osorio Tafall, Dionisio Peláez y Enrique Rioja, entre otros recordados maestros, así como Alberto Folch Pi y Antonio Oriol Anguera en la Escuela de Medicina del propio instituto.

Los egresados de esta escuela, como Guillermo Carvajal, Sergio Estrada Parra, Octavio Paredes, Pablo Rudomín, José Ruiz

Herrera, Mauricio Russek y muchos otros, son ahora líderes en diversos campos de la biomedicina, fundamentalmente en fisiología integrativa, inmunología y microbiología, y sus alumnos y colaboradores son ahora reconocidos maestros en la propia escuela, como Radu Racotta, Josefina Junquera, Fidel de la Cruz y René Arzuffi. El grupo de inmunología, encabezado por Sergio Estrada Parra, se amplió con Luis Favilla, Jorge y Ethel Ortigoza y otros valiosos investigadores.

En 1961 se crea el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), primera institución de educación superior del país dedicada enteramente a los estudios de posgrado, y que exigía tener el doctorado para ser nombrado profesor, así como la dedicación de tiempo completo de los estudiantes. Su fundador, Arturo Rosenblueth, destacó desde el inicio de las labores del centro la aspiración a realizar trabajo de altura internacional, lo cual se ha logrado ampliamente. En el área de biología celular, Saúl Villa Treviño ha realizado estudios sobre biosíntesis de proteínas y carcinogénesis; en la primera línea de investigación contribuyeron también Rubén López Revilla y José

El Instituto de Fisiología Celular se ha constituido como uno de los núcleos más importantes de investigación biomédica del país

Luis Saborío, Adela Mújica, Mireya de la Garza y, más recientemente, un activo grupo de jóvenes investigadores.

Adolfo Martínez Palomo creó la Sección de Microscopía Electrónica, en la que realizó importantes estudios sobre ultraestructura de uniones estrechas en epitelios, en colaboración con Jorge Aceves y David Erij, y luego inició un grupo de investigación sobre ultraestructura de parásitos, particularmente *Entamoeba histolytica*, que dio origen al Departamento de Patología Experimental. Isaura Meza trabajó inicialmente también en mecanismos celulares y moleculares de la actividad de células epiteliales, en colaboración con Marcelino Cereijido, y luego en la biología celular y molecular de *Entamoeba*. Jesús Calderón desarrolló una línea de investigación en inmunología; Walid Kuri ha mantenido un proyecto de cultivo de células cutáneas con importantes aplicaciones en injerto de piel, y Eugenio Frixione ha estudiado mecanismos de transporte de partículas intracelulares.

El grupo de biología molecular fue creado por Manuel Ortega, Fernando Bastarrachea, Carlos Fernández Tomás, Jacobo Kupersztuch y Samuel Zinker, a quienes luego se unió Gabriel Guarneros, quien ha hecho importantes contribuciones a la regulación de la expresión genómica. Más recientemente, se han incorporado Patricio Gariglio, Cecilia Montañez, Lourdes Muñoz, Guadalupe Ortega Pierres, Arturo Ortega y otros jóvenes investigadores.

Uno de los grupos más antiguos del Cinvestav es el dedicado a la biofísica de membranas en el Departamento de Bioquímica, inicialmente integrado por Carlos Gitler, Jorge Cerbón, Sergio Estrada Orihuela, Mauricio Montal y Carlos Gómez Lojero. En él se realizaron importantes estudios sobre la permeabilidad y selectividad de biomembranas, la bioenergética y la fotosíntesis. Luego, se incorporaron al departamento Edmundo Calva Cuadrilla, Mario García Hernández, Óscar Ramírez Toledano, Boanerges Rubalcava, Marta Fernández, Alberto Darszon, Alberto Hamabata, Marcos Rojkind y, más recientemente, Jesús Valdés y otros jóvenes investigadores.

El grupo de farmacología y toxicología fue creado por Antonio Morales Aguilera, con Francisco Posadas, Benito Carrera y Amparo Leal, trabajando en farmacología de productos naturales. Pedro Lehman inició una línea de investigación sobre relación entre estructura y función de fármacos; Lilia Albert, sobre toxicología, tema en el que luego desarrollarían sus contribuciones Mariano Cebrián, Tomás Mendoza y Liliana Favari. Ulteriormente, el departamento se enrique-

ció con la incorporación del grupo procedente del Instituto Miles de Terapéutica Experimental. Así, llegaron Julián Villareal, con su línea de investigación en opiáceos, y Enrique Hong, con antihipertensivos y agonistas serotoninérgicos. Luego, Javier Álvarez Leefmans ha desarrollado una línea sobre biofísica neuronal, y Alonso Fernández Guasti sobre farmacología de la conducta reproductiva. Más recientemente se han incorporado Carlos Villalón, Luisa Rocha, Gilberto Castañeda, Bruno Escalante, Silvia Cruz y otros.

Uno de los departamentos fundadores fue el de Fisiología y Biofísica, creado por el propio Rosenblueth, con Juan García Ramos, Ramón Álvarez Buylla y Pablo Rudomín, departamento al que pronto se incorporaron Jorge Aceves, David Erlj y Hugo González Serratos. Rosenblueth y García Ramos desarrollaron una línea de investigación conjunta sobre fisiología de la corteza cerebral, que luego continuó García Ramos. Álvarez Buylla, por su parte, desarrolló una original línea de investigación sobre el control neural de la secreción endocrina. En otro campo, Pablo Rudomín ha realizado una vasta y productiva obra, con gran alcance internacional, en el estudio de los mecanismos de control de la transmisión sináptica en la médula espinal, y Julio Muñoz ha llevado a cabo valiosos estudios sobre mecanismos de acción de agentes neurotóxicos también en la médula espinal. Jorge Aceves y David Erlj desarrollaron una serie de contribuciones al estudio del transporte epitelial que tuvieron gran repercusión, tema en el que ha participado José Luis Reyes, mientras Hugo González iniciaba estudios sobre biofísica muscular; Aceves ha realizado valiosos estudios sobre control de la liberación de neurotransmisores. Luego, se incorporaron al departamento Hugo Aréchiga, con su línea de neuroendocrinología comparada y cronobiología; Fidel Ramón, en fisiología y biofísica de uniones comunicantes; Marcelino Cerejido, inicialmente estudiando mecanismos de transporte en células epiteliales y, más recientemente, con Lorenza González Mariscal, Gerardo Contreras y Refugio García, con dedicación a los mecanismos moleculares de la polarización en estas mismas células. Enrico Stefani desarrolló durante varios años una activa línea de investigación en biofísica de la excitabilidad en células musculares, campo en el que también ha desarrollado su trabajo René Valdiosera, en tanto que Carlos Méndez ha estudiado la propagación de impulsos en el tejido cardíaco, y Marta Romano ha establecido una línea de estudio sobre endocrinología comparada. En fecha más próxima se incorporó el grupo de neuroquímica, que origi-

En 1961 se creó el Cinvestav del IPN, primera institución de educación superior del país dedicada por entero a los estudios de posgrado

nalmente estuvo en el Departamento de Neurociencias, integrado por Víctor Alemán, Dalila Martínez y Jorge Hernández, a quienes posteriormente se unieron egresados del propio departamento, como Gabriel Cota, Ubaldo García, Ismael Jiménez, Jorge Quevedo, Raúl Mena y Arturo Ponce, así como jóvenes regresados del extranjero, como José Segovia, Rafael Gutiérrez y Ricardo Félix.

El Departamento de Patología Experimental fue fundado por Adolfo Martínez Palomo, con Víctor Tsutsumi y Carlos Argüello, y posteriormente se vincularon Esther Orozco, Patricia Talamás y otros investigadores. Ahí, el tema central ha sido el estudio de los mecanismos de infectividad de *Entamoeba histolytica*, en el que la producción de este grupo ha alcanzado gran reconocimiento nacional e internacional.

En otras áreas del Cinvestav también se han hecho importantes contribuciones a la investigación biomédica. Así, Carlos Beyer, en un proyecto de colaboración con la Universidad Autónoma de Tlaxcala, ha impulsado un importante grupo de investigación en biología de la reproducción. Con Gabriela González Mariscal ha estudiado el comportamiento reproductivo analizando el sustrato neuroendocrino de su integración. Estos estudios han tenido ya gran

repercusión internacional. Más recientemente se han incorporado al grupo Mario Cava, Rafael Cueva, Porfirio Gómora y otros colaboradores.

La labor científica ha estado presente en la Escuela Médico Militar desde la fundación del laboratorio de fisiología, por José Joaquín Izquierdo y luego con Juan García Ramos, José Luis Amezcua, Jorge Islas y otros.

La Universidad Autónoma Metropolitana, creada en 1971, pronto integró grupos de investigación en el área biomédica, como el de biología de la reproducción con Carlos Beyer, Fernando Antón, María Luisa Cruz, Enrique Canchola, Gabriela Morali, Ana Elena Lemus y otros. La biofísica de membranas fue iniciada por Sergio Estrada Orihuela, con Graciela Beatty, Concepción Gutiérrez y otros más; luego se estableció el grupo de biología del desarrollo.

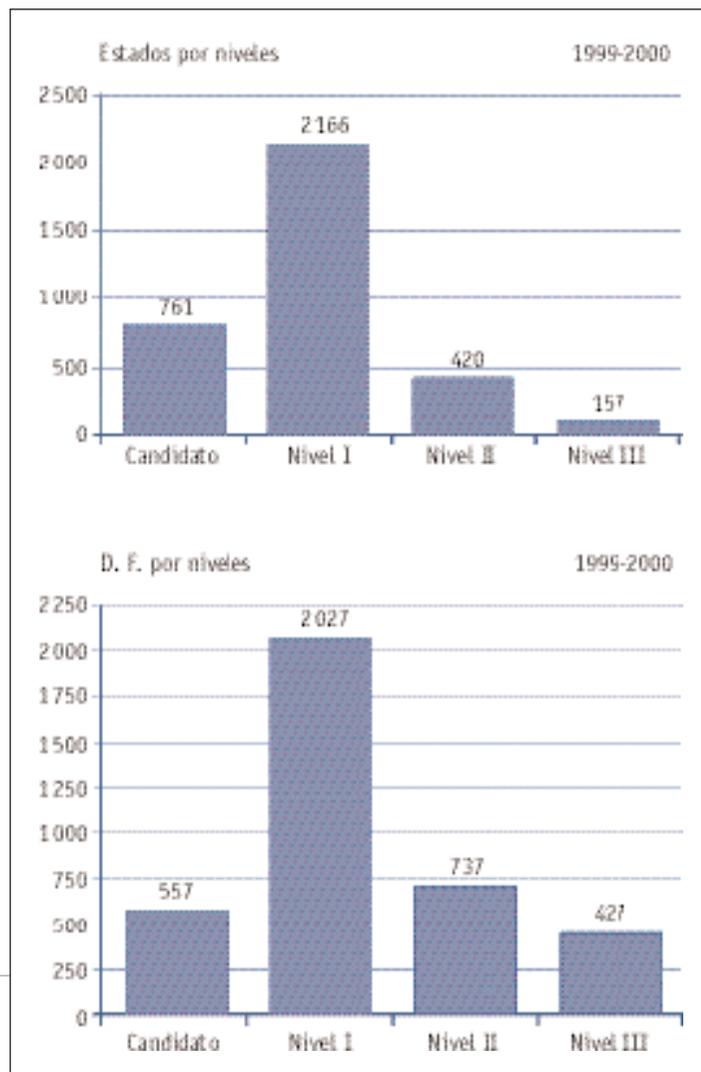
LA DESCENTRALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN SALUD

Como hemos revisado, la cuna de la ciencia mexicana estuvo en la capital de la república. Sin embargo, aun en el pasado, hubo esfuerzos plausibles de investigación en varios estados; muchos de ellos fueron efímeros, dada la falta de tradición y de una política efectiva de apoyo a la investigación. Sólo durante las últimas tres décadas del siglo se ampliaron y consolidaron la mayor parte de los grupos (Gráfica 1).

Desde mediados de siglo se abrió en la Facultad de Medicina de San Luis Potosí un Departamento de Fisiología y Farmacología

que ha mantenido su actividad con investigadores de la talla de José Miguel Torre, Pedro Solís Cámara, Antonio Morales Aguilera, Federico Dies, Beatriz Velázquez, Roberto Valle y Sergio Sánchez Armas, y recientemente se ha incorporado Rafael Rubio, luego de larga y fructífera estancia en Estados Unidos. También ha mantenido su actividad un Departamento de Bioquímica, con Edmundo Téllez Girón y José María Rodríguez. Con ello, los médicos egresados de esa facultad han tenido gran aceptación en el ambiente nacional.

En la Universidad Autónoma de Nuevo León se instituyó también tempranamente, en la Facultad de Medicina, la estructura departamental, y durante casi medio siglo han funcionado los departamentos de fisiología, inicialmente con José Pisanty; farmacología, con Gilberto Molina y Alfredo Piñeyro; inmunología, con Mario Cesar Salinas, y de posterior creación, biología molecular, encabezada por Hugo Barrera.



Gráfica 1. Distribución de los integrantes del Sistema Nacional de Investigadores en el territorio nacional. Aunque cerca de la mitad labora en instituciones fuera de la capital de la república, la mayoría de los investigadores maduros y los grupos de avanzada están en instituciones capitalinas. (Tomada de las estadísticas del Sistema Nacional de Investigadores.)

En la Universidad de Guadalajara, luego de largo silencio, se estableció, conjuntamente con el Centro de Investigación Biomédica de Occidente, un grupo de neurociencias, encabezado por Alfredo Feria, del que han surgido ya varios investigadores, como Carlos Beas, Sergio Dueñas y otro, que actualmente ofrecen un activo programa de posgrado, también en colaboración con los grupos del Seguro Social, como veremos luego.

En la Universidad Autónoma de Puebla, con la incorporación de Bjorn Hölmgren y Ruth Urbá, procedentes de Cuba, se inició un grupo de neurobiólogos en el Instituto de Fisiología, con Enrique Soto, José Carlos Eguibar, Gonzalo Flores y otros que han establecido ya líneas independientes de investigación.

En la Universidad Autónoma de Tlaxcala, junto con el grupo del Cinvestav, se inició una colaboración con investigadores del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, que han desarrollado una línea independiente de trabajo, encabezada por Pablo Pacheco, con Margarita Martínez Gómez, Rosa Angélica Lucio y otros jóvenes investigadores. El propio Pacheco ha iniciado últimamente un nuevo grupo de investigación, al fundar el Centro de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, con Jorge Manzo, Porfirio Carrillo y otros investigadores jóvenes, algunos de ellos ya egresados del posgrado de esa misma institución.

En la Universidad de Yucatán, desde principios de siglo, se dieron las contribuciones pioneras de Harald Seidelin en anatomía patológica, y después las de Jorge Zavala en microbiología, de Jorge Pazos en farmacología y del grupo de neurobiología, con José Luis Góngora.

En la Universidad Autónoma de Colima, un grupo de fisiólogos egresados del Cinvestav, como Jesús Muñiz, Miguel Huerta, José Antonio Sánchez Chapula, Carlos Onetti, Mauro Pacheco y otros, establecieron el Centro de Investigación Biomédica, que ha tenido un magnífico desarrollo. A este grupo se han vinculado investigadores nacionales de la talla de Juan García Ramos y Ramón Álvarez Buylia, luego de retirarse del Cinvestav, y ya ofrece un programa de posgrado de buen nivel.

En la Universidad Autónoma de Aguascalientes se integró un grupo de fisiólogos y bioquímicos egresados del Cinvestav, que vienen impulsando la investigación biomédica en esa institución.

A estos avanzados esfuerzos habrá que añadir los que de manera más o menos modesta se están desarrollando en di-

La cuna de la ciencia mexicana estuvo en la capital de la república. Sin embargo, hubo esfuerzos plausibles de investigación en varios estados

versas universidades del país, en las que ya empieza a arraigarse la biomedicina.

En las instituciones de salud, la descentralización ha seguido avanzando. El Instituto Mexicano del Seguro Social tiene programas de investigación en buen número de sus centros hospitalarios de tercer nivel en todos los estados de la república y, en asociación con las universidades estatales, ha desarrollado programas de posgrado en ciencias médicas. Además, como ya se mencionó, ha creado grandes centros de investigación, como el Centro de Investigación Biomédica de Occidente, en Jalisco —donde destacan las contribuciones de José María Cantú, Gerardo Vaca y su grupo en genética humana, y las de Alfredo Feria, Carlos Beas y Sergio y Margarita Dueñas en neurobiología— y el del Noreste, en Nuevo León, donde Salvador Said ha desarrollado una línea de investigación en biología celular y patología experimental y Antonio Morales en farmacología.

LA INVESTIGACIÓN EN SALUD EN EL SECTOR PRIVADO

En 1944 abrió sus puertas el Instituto Syntex, creado por un grupo de científicos

húngaros emigrados a México ante la amenaza del nazismo. Entre ellos Federico Lehman, Emeric Somlo y Jorge Rosenkranz, inicialmente con Russell Marker, desarrollaron un método para sintetizar progesterona a partir de la diosgenina, producto natural de una planta mexicana, el barbasco.

El Instituto Syntex atrajo a jóvenes químicos de la talla de Carl Djerassi, Luis Miramontes, Jesús Romo, Alejandro Zafaroni y otros, que convirtieron a la Ciudad de México, al decir de Djerassi, en “el centro de esteroides del mundo”. Además, con gran visión, realizaron una labor educativa ejemplar, y buena parte de los líderes de la química orgánica en México se prepararon en ese instituto, que pronto estableció contactos con la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional, entre las instituciones educativas, y con algunos centros de investigación hospitalaria.

Aunque de menor magnitud, es digno de mención el esfuerzo que significó el Instituto Miles de Terapéutica Experimental, creado por Efraín Pardo, con algunos de sus colaboradores en la Facultad de Medicina, y que desarrolló una valiosa línea de investigación en fármacos antihipertensivos, donde destacaron los trabajos de Enrique Hong y Horacio Vidrio, y en opiáceos, con Julián

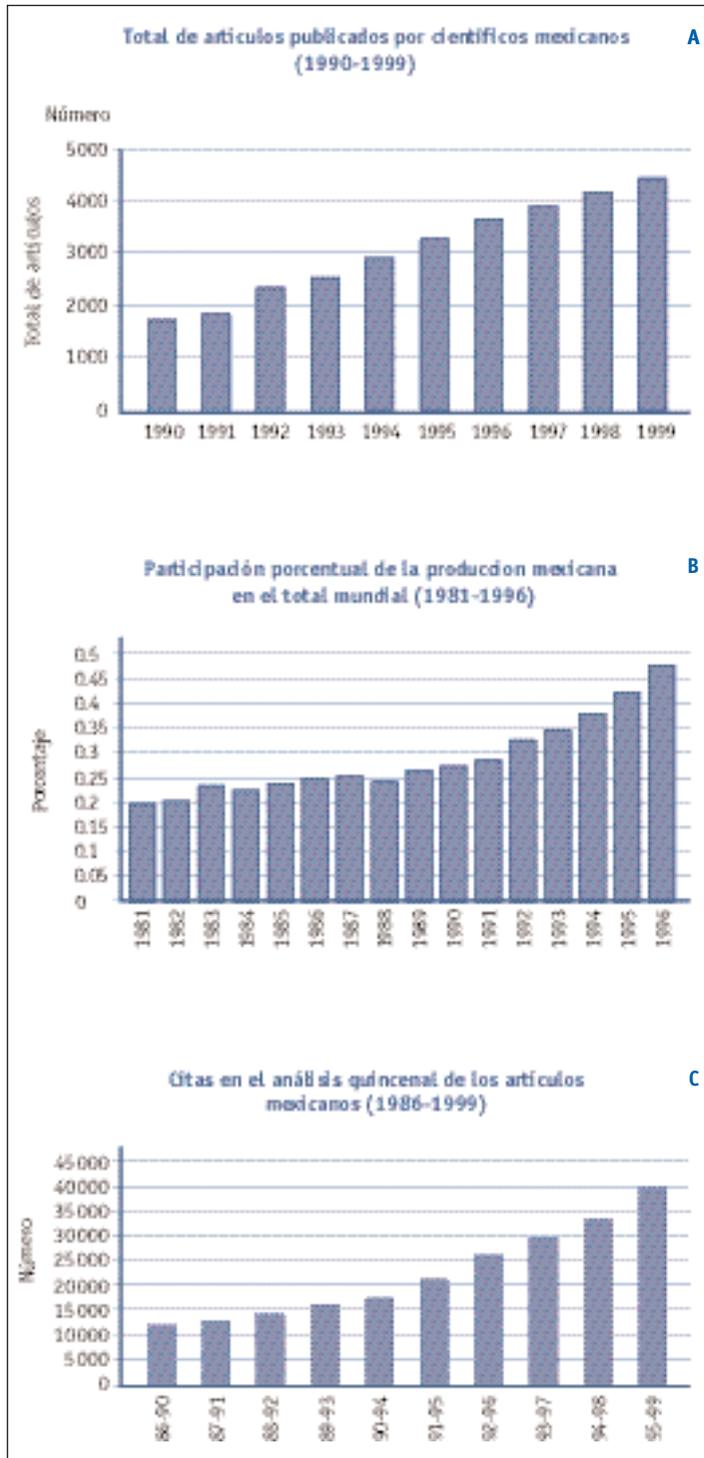
Villarreal. Ahí se consolidó un valioso grupo de farmacólogos. Al ser adquirido Miles por otra empresa farmacéutica, desapareció el instituto. Algunos de sus integrantes se incorporaron al Cinvestav, otros a la UNAM y unos más a diversas instituciones del país.

LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA MEXICANA EN SALUD, VISTA EN PERSPECTIVA

El escenario de comienzos de siglo XXI es muy distinto al del inicio del siglo precedente. Hoy estamos menos aislados y vivimos en un mundo globalizado y bien comunicado. Hace un siglo, asistir a un congreso científico internacional era aspiración singular de nuestros líderes científicos y motivo de publicaciones alusivas a la experiencia. Hoy es derecho y aun obligación de todo investigador y de estudiantes de posgrado. La publicación en revistas internacionales, antaño reservada también a los líderes científicos, es hoy requisito de graduación de estudiantes y de ingreso al Sistema Nacional de Investigadores y a sociedades científicas. Las publicaciones editadas en nuestro país reciben contribuciones de investigadores de otras naciones y son adquiridas en bibliotecas extranjeras. Nuestros científicos prominentes forman parte de grupos directivos en sociedades internacionales y de comités editoriales de publicaciones del mayor prestigio en el mundo, y a nuestros centros científicos asisten ya colaboradores y estudiantes de otros países, sobre todo de Latinoamérica.

Se ha avanzado, sin duda (Gráfica 2), pero no al mismo ritmo que en las naciones desarrolladas. Ha habido épocas de aceleración y otras de estancamiento. Además, hoy existen datos cuantitativos que nos permiten ubicarnos con cierta precisión y que nos impiden asumir el inocente triunfalismo que trasciende en los escritos de hace un siglo. Los índices bibliométricos nos muestran que llegamos al fin del siglo produciendo el 0.5% del caudal científico mundial. Como en muchos otros países, las ciencias de la vida y de la salud constituyen el área más productiva, con cerca del 60% del total de publicaciones científicas y las cifras más altas de repercusión en la literatura internacional. Con la profesionalización de la investigación científica se ha definido un perfil internacional para los miembros de la comunidad nacional. Sin duda sufrimos menos que las generaciones precedentes el anonimato y la ignorancia de la obra hecha en México, pero aún estamos en la periferia de los círculos científicos in-

**Se ha avanzado, sin duda,
pero no al mismo ritmo
que en las naciones
desarrolladas**



Gráfica 2. Aumento de la producción científica nacional (A), de la participación mexicana en la producción científica mundial (B), y de la repercusión de los trabajos mexicanos en la literatura internacional (C). (Tomada de *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas*, Conacyt, 1999.)

cionales. Según los indicadores bibliométricos, las neurociencias, la biología molecular, la biología de la reproducción y la farmacología son las de mayor desarrollo, pero han surgido otras áreas de interés. Las más recientes son la biotecnología y la genómica, campos de avanzada de la biomedicina actual en los que México apenas está ingresando. Aunque con pocos representantes, tienen presencia en nuestra biomedicina la mayor parte de los capítulos de esta disciplina.

Pero en las ciencias de la salud se dan mejores oportunidades para la obra original, dada su estrecha y necesaria vinculación con los problemas cotidianos y fundamentales de salud de la población. Ahí, la investigación ha estado presente. No es fortuito que las primeras contribuciones importantes de mexicanos a las ciencias médicas en el pasado siglo, así como la primera gran institución de salud, hayan sido dedicadas a la investigación de las enfermedades infecciosas, que eran la principal causa de muerte, y aún hoy la microbiología, la parasitología y la infectología cuentan entre las disciplinas más desarrolladas en nuestra ciencia.

Las ciencias neurológicas han tenido un vigoroso desarrollo, especialmente en sus aspectos básicos, con los que se han realizado contribuciones de importancia en el conocimiento de los mecanismos de excitación neuronal, de transmisión de información en sinapsis, y en los complejos procesos de integración en el sistema nervioso. Se han producido avances de consideración en el

ternacionales; la aspiración inmediata de nuestros investigadores es incorporarse a corrientes generadas en otros países.

Las instituciones de educación superior contribuyen con la mayor parte de la investigación biomédica. Ahí, las corrientes científicas siguen el curso de las tendencias interna-

Los índices bibliométricos muestran que llegamos al fin del siglo produciendo el 0.5% del caudal científico mundial

conocimiento de la fisiopatogenia y en el tratamiento de la epilepsia, y se han diseñado y probado fármacos con utilidad clínica en este padecimiento. Se han desarrollado valiosos modelos para el estudio de las adicciones, así como en la enfermedad de Parkinson y otros padecimientos neurológicos.

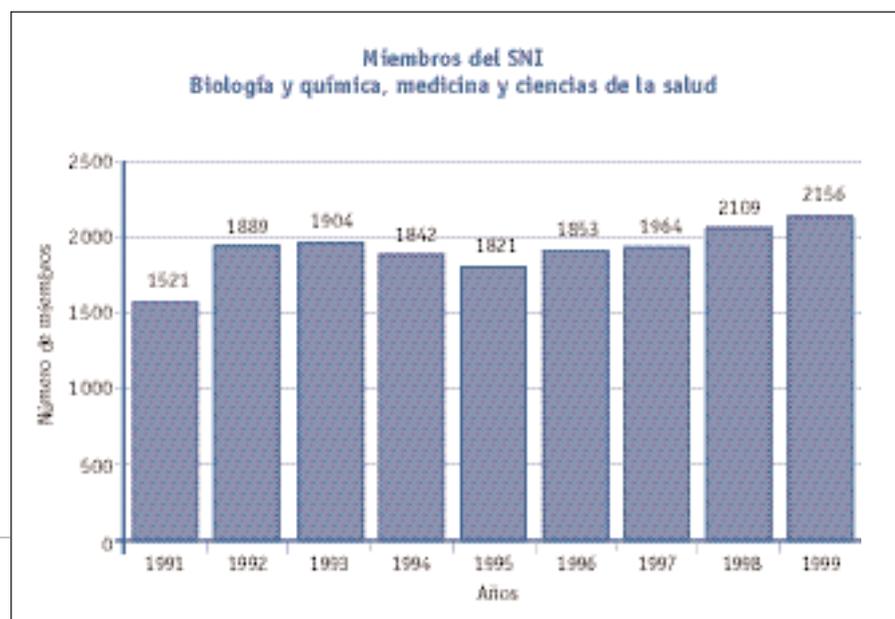
En todos estos campos, las dimensiones de nuestros grupos de investigación son tales que imposibilitan la relación detallada de sus contribuciones. Hace unos cuarenta años se destacaban las singularidades; hoy apenas se puede aludir al conjunto. De los árboles aislados, hemos pasado al bosque. Basta recordar que el número de integrantes del Sistema Nacional de Investigadores en el área de ciencias de la vida y de la salud rebasa los dos millares (Gráfica 3).

Por otra parte, la investigación biomédica que se hace en México, igual que en otros

campos del conocimiento, está concentrada en pocos centros científicos. Aunque desde hace tres décadas se ha hecho un gran esfuerzo para apoyar el establecimiento de grupos científicos en los estados de la república, y ya se cuenta con algunos de nivel excelente, estamos al comienzo del camino y el avance no es muy firme. Aún hoy, la mayor parte de la investigación en salud se hace en las instituciones del valle de México, y en ellas se está preparando la mayoría de los futuros investigadores (Figura 3).

Ha habido una notable expansión en el programa de becarios de posgrado en investigación, y las ciencias de la salud han tenido una destacada participación, pero aún estamos muy por debajo de las cifras correspondientes de países con desarrollo económico similar al nuestro. Los investigadores aún escasean en nuestros hospitales y en nuestras universidades. El Sistema Nacional de Investigadores, que incluye a la mayor parte de los científicos profesionales del país, no se expande satisfactoriamente. En nuestros centros de estudio se gradúan menos de mil doctores al año y aún tenemos instituciones de educación superior y de tercer nivel de salud que no realizan investigación. Será necesario hacer un esfuerzo mucho mayor para combatir el rezago.

Ya en el pasado hubo momentos en que un impulso, aun de naturaleza puntual, llevó al desarrollo de importantes grupos científicos; no hay ninguna limitación insuperable a nuestro avance científico. Se requieren la voluntad y las medidas apropiadas para lograr el propósito.



Gráfica 3. Evolución del número de investigadores nacionales en el Área II del Sistema Nacional de Investigadores. (Tomada de *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas*, Conacyt, 1999.)

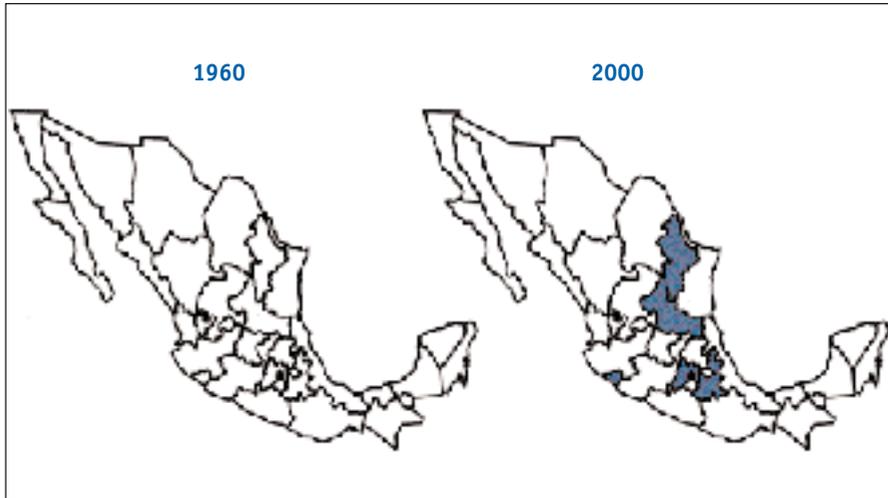


Figura 3. Programas de doctorado en ciencias biomédicas en México, con egresados ya graduados. En 1960, todos estaban concentrados en la capital de la república. Ahora ya participan algunos estados.

BIBLIOGRAFÍA

- Aréchiga, H., y L. Benítez-Bribiesca (comps.) (2000), *Los desafíos de la ciencia en México en el siglo XXI: un siglo de ciencias de la salud en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 403 pp.
- Aréchiga, H., y C. Beyer (comps.) (1999), *Los desafíos de la ciencia en México en el siglo XXI: las ciencias naturales en México*, México, Fondo de Cultura Económica, 387 pp.
- Aréchiga, H. (1995), "La biomedicina en México: 1958-1988", *Ciencia*, 46:313-328.
- Aréchiga, H., y J. Somolinos (comps.) (1993), *Contribuciones mexicanas al conocimiento médico*, México, Fondo de Cultura Económica, 656 pp.
- De la Fuente, J. R., J. Martuscelli y D. Alarcón (comps.) (1990), *Balance y transición*, México, Fondo de Cultura Económica, 476 pp.
- Martínez Palomo, A. (1994), "El desarrollo contemporáneo de las ciencias de la salud en México", en *México, ciencia y tecnología en el umbral del siglo XXI*, México, Conacyt, pp. 171-214.
- Martínez Palomo, A., y H. Aréchiga (1970), "La investigación básica", en *La Investigación Biomédica en México*, *Gac. Méd. Mex.*, 115, 2:65-70.
- Pérez-Tamayo, R. (coord.) (1982), *La investigación biomédica en México, Presente, pasado y futuro*, México, Conacyt, 265 pp.
- Robles Glenn, J. (1971), "La investigación mexicana y los índices extranjeros de información", *Anuario de Bibliotecología, Archivología e Informática*, segunda época, vol. 3, pp. 47-100.

Soberón, G., J. Kumate y J. Laguna (comps.) (1988), *La salud en México, testimonios*, Biblioteca de la Salud, México, Fondo de Cultura Económica, 2 vols.

Hugo Aréchiga es médico cirujano por la Facultad de Medicina, UNAM, y doctor en ciencias fisiológicas y biofísica por el Cinvestav del IPN. Recibió el Premio de la Academia de la Investigación Científica en el campo de Ciencias Naturales, la Beca Guggenheim, el Premio Nacional de Ciencias Naturales y Exactas 1992, y la Cátedra Patrimonial Nivel I del Conacyt. Actualmente es jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina de la UNAM.