



CBYS027765

AVANCE Y PERSPECTIVA

órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
Vol. 9 julio-septiembre de 1990

México ISSN 0185-1411

Distribución gratuita

Investigación y docencia
en el Área Biológica
del Cinvestav



Cúmulos de átomos:
¿Una nueva Física?

El parque del
Triángulo de
la Investigación

III Congreso Iberoamericano de Química Inorgánica IX Congreso Mexicano de Química Inorgánica II Simposio de Química del Silicio

16 al 19 de abril de 1991

Conferencias plenarias

- Dr. Fred Basolo (Northwestern University, EUA)
Dr. Robert Corriu (Institut de Chimie Fine, Montpellier, Francia)
Dr. Martin Hughes (King's College, Londres, Inglaterra)
Dr. Pascual Lahuerta (Facultad de Ciencias Químicas, Valencia, España)
Dr. Dietmar Seyferth (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, EUA)
Dr. Adrian Brook (University of Toronto, Canadá)
Dr. Wolfgang Malisch (Institut für Anorganische Chemie der Universität, Würzburg, Alemania)
Dr. Makoto Umada (Osaka, Japón)
Dr. Kenvick M. Lewis (Union Carbide Corp., EUA)
Dr. Masato Tanaka (Monchemical Laboratories for Industry, Japón)

Podrán presentarse trabajos de investigación originales antes
del 30 de octubre de 1990

Para mayores informes, dirigirse a:

Dra. Angeles Paz-Sandoval
AMQI

Departamento de Química
Apdo. Postal 14-740
07000, México, D.F.
Telefax: 586-65-64

Telex: 017-72826 PPTME
Tel: (5)754-66-18 ext. 4010



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados
del IPN
Cinvestav

Director: Héctor O. Nava Jaimes
Secretario Académico: Enrique Campesino Romeo
Editor: Miguel Ángel Pérez Angón
Editor Asistente: Carlos Chimal

Consejo Editorial

René Asomoza,
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Marcelino Cerejido,
Departamento de Fisiología, Biofísica
y Neurociencias
Rosalinda Contreras,
Departamento de Química
María de Ibarrola,
Departamento de Investigaciones
Educativas
Rolando García B.,
Sección de Teoría y Metodología
de la Ciencia
Rubén López Revilla,
Departamento de Biología Celular

Fotografía: Agustín Estrada y Pedro Hiriart
Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV
Captura: Ma. Eugenia López y Rosemary Ovando
Distribución: Sección coordinadora de cursos en
provincia
Tipografía: José Luis Olivares Vázquez

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a julio-septiembre, volumen 9, se terminó de imprimir en agosto de 1990. El tiraje consta de 5,000 ejemplares. *Editor responsable*: Miguel Ángel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación*: Multidiseño Gráfico, S. A. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el primer número (enero-marzo) de cada volumen. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

Sumario

Este número de *Avance y Perspectiva* está dedicado al Dr. Arturo Rosenblueth, director fundador del CINVESTAV, en el vigésimo aniversario de su muerte.

Investigación y docencia en el Área Biológica del CINVESTAV

Fidel Ramón y Hugo Aréchiga 147

Cúmulos de átomos: ¿una nueva física?

Jesús Dorantes Dávila 167

Avances de Ciencia y Tecnología

El parque del triángulo de la investigación

Rosalinda Contreras 173

Perspectivas

Ciencia y actitudes científicas

S. Chandrasekhar 175

Noticias del Centro

180

Innovaciones Educativas

La evaluación curricular en Educación Matemática

Tenochtitlán Salcido 187

Matices

Los virus achicadores de cabezas

Marcelino Cerejido 195

Libros

The New Physics, editado por Paul Davis

Miguel Ángel Pérez Angón 200

Espacio abierto

La brecha tecnológica en Brasil

Ruy Gama 202

Portada

Timbre conmemorativo con la figura del Dr. Arturo Rosenblueth.

Serie Arte y Ciencia de México, 1975.

Diseño: H. Rodríguez.



Dr. Arturo Rosenblueth

Investigación y docencia en el Área Biológica del CINVESTAV

Dedicamos este artículo a la memoria del Dr. Arturo Rosenblueth, en el vigésimo aniversario de su muerte.



Fidel Ramón y Hugo Aréchiga

Introducción

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) fue creado hace ya casi treinta años gracias a la visión de tres politécnicos, el Ing. Eugenio Méndez Docurro, el Dr. Víctor Bravo Ahu-

ja y el Dr. Manuel Cerrillo, quienes convencieron al Lic. Adolfo López Mateos, Presidente de la República, y al Dr. Jaime Torres Bodet, Secretario de Educación Pública, de la conveniencia de crear una institución dedicada a la investigación y a la docencia de posgrado. A sugerencia del Dr. Cerrillo se ofreció la dirección de la naciente institución al Dr. Arturo Rosenblueth.¹

El Dr. Fidel Ramón es profesor titular y jefe del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV. Es médico de la UNAM y obtuvo su doctorado en la Universidad de Duke, Carolina del Norte, EUA. Su campo de investigación es la comunicación intercelular. El Dr. Hugo Aréchiga es profesor titular del mismo departamento, médico de la UNAM y doctor en ciencias (Fisiología) del Cinvestav. Su campo de investigación es el estudio de los mecanismos de generación de los ritmos biológicos. Los datos sobre publicaciones, número de profesores y temas de investigación mostrados en este artículo fueron tomados del anuario del CINVESTAV.

El Dr. Rosenblueth, entonces jefe del Departamento de Fisiología del Instituto Nacional de Cardiología, era un distinguido fisiólogo cuyas contribuciones al estudio de la transmisión sináptica química y de la excitabilidad en el corazón le habían ganado renombre internacional. Además, el Dr. Rosenblueth poseía intereses muy variados en

la ciencia y la cultura; era amante de las matemáticas, la física, la instrumentación y la epistemología. En este campo había iniciado en EUA una asociación con Norbert Wiener, que continuó en México y fue de gran importancia científica; además de publicar varias contribuciones conjuntas, en una de sus visitas a México Wiener escribió su obra fundamental sobre cibernética, dedicada a Rosenblueth². El Dr. Rosenblueth era pues un científico de amplios horizontes, gran estatura intelectual, y claramente capaz de enfrentar el reto de crear una institución de alto nivel académico. Así, el 31 de octubre de 1960 se expidió un decreto provisional de creación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, con el Dr. Arturo Rosenblueth como su primer director. El decreto de creación data del 17 de abril de 1961.

El CINVESTAV fue la primera institución en el país en la que se estableció la exigencia del doctorado en ciencias para su personal académico, el cual debería estar exclusivamente dedicado al trabajo científico y a la preparación de investigadores. Desde luego, esto fue posible gracias a que se le autorizaron salarios más altos que los de otras instituciones de educación superior, y becas con montos suficientes para los estudiantes.

El trabajo del nuevo Centro se inició en locales prestados por el Instituto Politécnico en su Unidad Profesional de Zacatenco y en laboratorios de la Escuela de Medicina Rural, en el antiguo casco de la hacienda de Santo Tomás. Las instalaciones definitivas del CINVESTAV en Zacatenco fueron inauguradas oficialmente por el Presidente de la República, Lic. Adolfo López Mateos, el 5 de julio de 1963, y estaban constituidas por seis edificios donados por el Instituto Politécnico Nacional, para Administración, Matemáticas y Física, Fisiología, Bioquímica e Ingeniería, Bioterio y Taller.

Con el propósito de dotar a la nueva institución de una buena biblioteca, el Dr. Bravo Ahuja logró que el material del Centro de Documentación Científica y Técnica de México fuera incorporado al CINVESTAV, acción que apareció indicada en el decreto presidencial del 8 de noviembre de 1961. El Centro de documentación había sido creado por la UNESCO en 1952 para difundir la información

científica y fue la primera institución de su tipo en América Latina. Gracias al esfuerzo de su director, el Dr. Armando Sandoval, en una década se había constituido en la mejor bibliohemeroteca científica de México, con un acervo de 20,000 libros y 1,600 títulos de revistas científicas periódicas, servicio de fotocopiado, recuperación de artículos que no se encontraban en México y traducción de artículos en más de 5 idiomas. Para el CINVESTAV esta dotación fue extraordinariamente útil, ya que al momento de nacer contaba con un excelente servicio de bibliohemeroteca. En cambio, los talleres y servicios generales tuvieron que iniciarse en forma gradual.

Hoy los distintos departamentos y secciones académicas del CINVESTAV pueden agruparse en cinco grandes áreas (Figura 1): 1) Unidades en los Estados; 2) área de Ingenierías y Tecnología; 3) área de Ciencias Biológicas y de la Salud; 4) área de Ciencias Básicas; y 5) área de Ciencias de la Educación. Las Unidades en los Estados se encuentran en Guadalajara, Irapuato, Mérida y Saltillo y fueron creadas a partir de 1980. Las áreas 2, 3 y 4 están localizadas fundamentalmente en las instalaciones de Zacatenco, mientras que el área 5 opera en varios locales en el sur de la Ciudad de México. En esta revisión nos ocuparemos solamente de las actividades científicas y de docencia del personal del área de Ciencias Biológicas y de la Salud o, en breve, el área Biológica.



Figura 1.

El área Biológica

Los primeros años, 1961-1969

Desde su fundación, el CINVESTAV se constituyó en un foco de atracción para los científicos mexicanos. Las excelentes condiciones de trabajo, la personalidad de su director, y la calidad académica de los investigadores que iban incorporándose eran una garantía de la seriedad de la institución y de su compromiso con la excelencia académica. Además, para los jóvenes interesados en formalizar su entrenamiento como investigadores mediante la obtención de un grado académico, el CINVESTAV era la única institución que les permitía dedicarse de manera exclusiva a los estudios de posgrado.

Debido a los intereses del Dr. Rosenblueth, no es de extrañar que el primer grupo de investigación que se incorporó al CINVESTAV fuera de fisiólogos, inicialmente bajo su dirección, pero luego confiado al Dr. Juan García Ramos, ya entonces uno de los fisiólogos más distinguidos del país y colaborador del Dr. Rosenblueth durante muchos años. Como muestra de celo que los fundadores pusieron en el compromiso con el posgrado en la nueva institución, el Dr. García Ramos presentó tesis y examen, obteniendo en 1964 el primer doctorado que expidió un departamento del área Biológica. En el CINVESTAV el Dr. García Ramos se dedicó fundamentalmente al estudio de la corteza cerebral, analizando los poten-

ciales de oxido-reducción, la depresión propagante y la excitabilidad dendrítica.

También fue cofundador del Departamento de Fisiología el Dr. Ramón Alvarez-Buylla, quien desde 1947 trabajaba en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, donde había contribuido al conocimiento de la fisiología de los receptores sensoriales, y junto con José Ramírez de Arellano, había descrito por primera vez la actividad eléctrica de un receptor sensorial, el corpúsculo de Paccini. Ya en el CINVESTAV se dedicó a lo que desde entonces ha sido su línea principal de trabajo, la investigación de los mecanismos homeostáticos, en particular el estudio de la transformación funcional de implantes de glándulas salivales en lugar de la hipófisis, que bajo la influencia del hipotálamo adquieren propiedades endócrinas similares a las hipofisiarias.

Como miembros jóvenes del grupo se incorporaron Pablo Rudomín, alumno de Alvarez-Buylla en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, y Hugo González Serratos, quien pronto saldría a doctorarse en Inglaterra. A pesar de tener ya varias publicaciones científicas como miembros del grupo del Dr. Rosenblueth, tanto Rudomín como González Serratos se inscribieron como alumnos en el CINVESTAV. Rudomín inició pronto la línea de investigación que ha continuado hasta la actualidad y que tan merecido reconocimiento le ha ganado: el análisis de los mecanismos de integración de la médula espinal. En la planta académica fundadora estuvo también el Ing. León MacPherson, cuya pericia en electrónica fue fundamental en los primeros trabajos de investigación del grupo de fisiólogos.

El Departamento de Bioquímica, fundado en 1962 e instalado en 1963, tuvo como sus primeros integrantes a Carlos Gitler (jefe), con quien se inició el estudio de las propiedades físicas y químicas de las membranas biológicas y a Mario García Hernández; pronto se incorporó José Ramírez de Arellano, y luego Fernando Bastarrachea, quien aún no obtenía el doctorado, así como Manuel Ortega, recién doctorado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Este grupo inició estudios sobre bioquímica microbiana. Como investigadores auxiliares en camino de obtener el doctorado ingresaron Dalila Martínez, Gustavo Martínez y María Elena Nava.



El Departamento de Bioquímica creció con la llegada en 1964 de Sara Eisenberg y Victor Alemán, recién doctorado en EUA, y de Jorge Cerbón en 1965, proveniente de la Unidad de Patología de la UNAM en el Hospital General de la SSA, y con una estancia en los Institutos Nacionales de Salud de EUA, donde había iniciado estudios sobre la aplicación de la resonancia magnética nuclear al estudio del funcionamiento de las membranas de microorganismos, línea que ha continuado. Ya en el CINVESTAV, trabajaría también sobre el desarrollo de anestésicos locales.

En 1964 se incorporaron al Departamento de Fisiología, ya entonces de Fisiología y Biofísica, Jorge Aceves, Joaquín Remolina y Barbara Schlig. En 1966 llegó David Erlj, quien junto con Aceves era miembro del grupo del Instituto Nacional de Cardiología y con contribuciones a la fisiología y farmacología del corazón. Una vez en el CINVESTAV, Aceves y Erlj iniciaron una nueva línea de investigación que pronto les ganó amplio reconocimiento, el estudio de la permeabilidad de las membranas epiteliales.

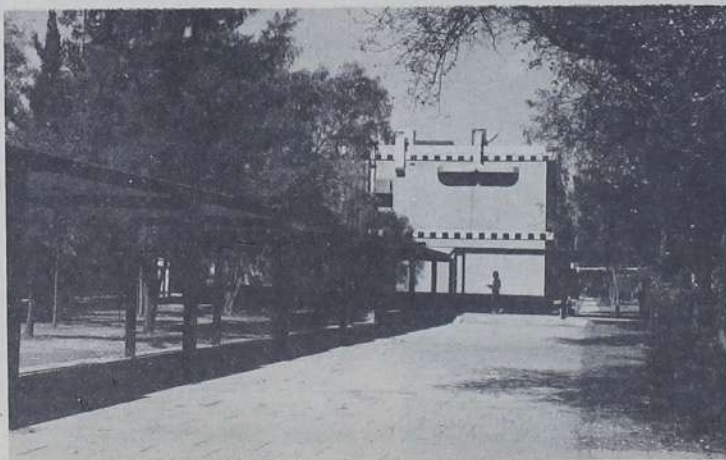
También de aquella época proviene el primer grupo de servicio al exterior que fundó el CINVESTAV: la Sección de Control Analítico de Drogas, Medicamentos y Alimentos (SCADMA). El Dr. Rosenblueth encargó a Jorge Aceves que, además de sus labores académicas, la organizara. Esta sección tenía un contrato con el Instituto Mexicano del Seguro Social para realizar pruebas de control de calidad de medicamentos y productos biológicos de su

cuadro básico; cabe destacar que durante dos décadas de vigencia del contrato ninguno de los varios millares de dictámenes que produjo la sección fue impugnado por las compañías proveedoras.

El crecimiento del Departamento de Bioquímica fue tan rápido que en 1966, menos de cinco años después de su fundación, Manuel Ortega, Fernando Bastarrechea y Saúl Villa (recién doctorado en EUA), propusieron al Dr. Rosenblueth la creación de un nuevo Departamento, el de Genética y Biología Celular, que fue establecido en septiembre de 1966. En enero de 1967 el Presidente de la República asistió a la inauguración del edificio en que se alojaría este departamento, construido con un donativo del Fondo de Fomento Educativo.

El nuevo departamento pronto aumentó con la llegada de Beatriz Medina y Marcos Rojkind. Este último estableció una línea de investigación sobre la respuesta del hígado a los agentes tóxicos que años después lo llevó, junto con David Kersnovich, del Instituto Nacional de la Nutrición, a proponer el uso de la colchicina en la prevención y el tratamiento de la cirrosis hepática.

Así, al finalizar su primera década, el área Biológica ya contaba con tres departamentos: Bioquímica, Genética y Biología Celular, y Fisiología y Biofísica, con un total de 24 profesores, 11 de ellos titulares, 5 adjuntos y 8 instructores. La selección del personal académico había sido cuidadosa, la



dotación generosa y los frutos no se habían hecho esperar. El área Biológica tenía ya una producción científica que le acreditaba un lugar de liderazgo en nuestro país (ver Figura 4).

La consolidación, 1970-1979

En 1970, el Dr. Rosenblueth enfermó gravemente; se retiró de la dirección el 31 de mayo y falleció el 20 de septiembre del mismo año. Para toda institución el sobrevivir la pérdida de su fundador es una prueba severa, y el CINVESTAV pudo afrontarla. La dirección quedó a cargo del Dr. Guillermo Massieu, con larga trayectoria tanto en el medio científico como en la administración pública, ya que antes había ocupado la Dirección General del IPN y la presidencia de la Academia de la Investigación Científica. Al vigor intelectual y la fuerte presencia del Dr. Rosenblueth sucedieron la habilidad y comprensión del Dr. Massieu. El respeto a los valores académicos del CINVESTAV se mantuvo, y el área Biológica continuó expandiéndose.

En 1970 el Departamento de Genética y Biología Celular recibió a Adolfo Martínez Palomo, con experiencia en el estudio de los aspectos ultraestructurales de las membranas celulares, y en especial de las uniones comunicantes del corazón. Con su llegada, la investigación en el área Biológica se enriqueció al quedar a su cargo el recién instalado microscopio electrónico, y tanto ese microscopio como los modelos más recientes que Martínez Palomo y sus colaboradores han conseguido, han estado accesibles a colegas con buenos proyectos de investigación.

También en 1970 el Departamento de Bioquímica se expandió con la llegada de varios nuevos miembros, como Sergio Estrada Orihuela y Mauricio Montal, ambos con experiencia en el estudio de la permeabilidad en membranas artificiales. Sergio Estrada realizó estudios pioneros sobre ionóforos incorporados a membranas artificiales y Mauricio Montal desarrolló su celebrado método para producir bicapas lípidas asimétricas y, con sus colaboradores, obtuvo la incorporación de canales iónicos naturales como la rodopsina. En esa época llegaron también Carlos Gómez Lojero, quien luego iniciaría una línea de investigación en fotosíntesis, y Alberto Hamabata, ya especializado en el estudio de las

propiedades de macromoléculas. Con ellos y los integrantes del grupo de Carlos Gitler, el Departamento de Bioquímica del CINVESTAV se convirtió en el núcleo más importante del país y uno de los mejores del mundo en el estudio de la permeabilidad en membranas artificiales, campo ya entonces en expansión. También, dentro del Departamento de Bioquímica, el Dr. Massieu creó la Sección de Neurobiología, que tuvo como miembros al mismo Dr. Massieu, Victor Alemán y Dalila Martínez, quienes iniciaron la neuroquímica, así como a Oscar Ramírez, ya interesado en los aspectos bioquímicos de la ontogenia muscular. En 1972 se incorporó a esta sección Julio Muñoz, doctorado en el Departamento de Fisiología y con una estancia posdoctoral en el extranjero, para iniciar una línea de investigación sobre el estudio del efecto de compuestos tóxicos sobre el sistema nervioso.

Un año antes, en 1971, Antonio Morales, jefe del Departamento de Fisiología y Farmacología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, vino al CINVESTAV invitado por el Dr. Massieu para fundar el Departamento de Farmacología y Toxicología. Junto con él ingresaron sus jóvenes colaboradores, Benito Carrera, Amparo Leal y Roberto Valle, quienes estudiaron el efecto de fármacos sobre el sistema cardiovascular. También llegó al Departamento de Farmacología Joaquín Remolina, quien fundó la Sección de Bioingeniería (actualmente Bioelectrónica) dedicada principalmente al diseño y construcción de equipo electrónico biomédico.

El Departamento de Farmacología y Toxicología se fortaleció con el arribo de nuevos miembros. Después de una breve estancia en la Facultad de Medicina de la UNAM, se incorporó Carlos Méndez, otro iniciado en el Instituto Nacional de Cardiología, quien durante su prolongada estancia en EUA había realizado importantes contribuciones al conocimiento de la propagación de los impulsos en el corazón y al origen de las arritmias. En esta época llegaron también Francisco Posadas, recién doctorado en EUA, José Luis Reyes y René Valdiosera, ambos egresados del Departamento de Fisiología y Biofísica y con estancias posdoctorales en EUA, y José Luis Amézcuca, egresado del mismo Departamento de Farmacología, quien investigó las acciones de las prostaglandinas. Francisco Posadas inició



estudios sobre los mecanismos de acción y transformación de medicamentos, José Luis Reyes estableció su tema central de trabajo en fisiología y farmacología renal, y René Valdiosera continuó sus estudios sobre las características eléctricas de la membrana muscular. Por otra parte, del Departamento de Química pasaron al de Farmacología y Toxicología Pedro Lehmann, quien ya estaba contribuyendo al conocimiento de las relaciones entre la estructura química y la actividad de diversos compuestos farmacológicos, y Lilia Albert, con quien se inician los estudios sobre toxicología. Posteriormente, el grupo se completó con Mariano Cebrián en Toxicología y Ernesto Suaste en Bioelectrónica.

Como consecuencia del desarrollo de los grupos en el área Biológica, en 1971 se le propuso al Dr. Massieu que el Departamento de Genética y Biología Celular se dividiera, creándose dos nuevos departamentos, uno de Biología Celular y otro de Genética (actualmente Genética y Biología Molecular). En el primero quedaron Saúl Villa como jefe, Marcos Rojkind, Adolfo Martínez Palomo, Rubén López Revilla, doctorado en el CINVESTAV y con una estancia posdoctoral en EUA, Isaura Meza, recién llegada de EUA, y Adela Mújica en camino de doctorarse. Con ellos se iniciaron en ese departamento los estudios sobre mecanismos moleculares en eucariontes, y posteriormente Isaura Meza y Rubén López Revilla iniciaron sus estudios sobre la bioquímica y la biología celular de amibas. En 1974 se incorporaron también Jesús Calderón, quien trajo la inmunología al CINVESTAV, y José Luis Saborío, que incursionó en el campo de la pu-

rificación de macromoléculas del sistema nervioso. El mismo año llegó Walid Kuri, quien a partir de estudios iniciales sobre cultivo de células de mamífero desarrolló procedimientos de cultivo de piel humana para el tratamiento de quemaduras.

En el Departamento de Genética quedaron Fernando Bastarrachea como jefe, Manuel Ortega, Carlos Fernández Tomás y Eduardo Castro, doctorados en el CINVESTAV y con estancias posdoctorales en el extranjero, así como Gabriel Guarneros y Jacobo Kupersztch, recién doctorados en EUA. Con este equipo se fortaleció la biología molecular en el CINVESTAV. Poco después llegó Samuel Zinker, quien continuó sus estudios sobre la biosíntesis de proteínas.

En 1974 Adolfo Martínez Palomo fundó la Sección de Ultraestructura Celular incorporada en lo académico al Departamento de Biología Celular, pero con autonomía administrativa; en esta Sección quedaron como miembros de la planta académica sus colaboradores Bibiana Chávez y Arturo González. Recientemente se incorporaron Victor Tsutsumi, procedente del Registro Nacional de Anatomía Patológica, vinculado desde su llegada al estudio de la amibiasis experimental, y Carlos Argüello, con quien se iniciaron los estudios sobre la ontogenia del tejido de propagación del corazón. El grupo de Martínez Palomo en esta sección ha orientado sus esfuerzos al estudio de la biología celular de las amibas.

Al Departamento de Bioquímica ingresó en 1972 Edmundo Calva después de haber encabeza-



do durante varios años el Departamento de Bioquímica enzimática de las células miocárdicas, y también Marta Fernández, doctorada en Argentina y con una estancia posdoctoral en el CINVESTAV. En 1973 llegaron Boanerges Rubalcava y Eduardo Llerenas, doctorados en el CINVESTAV y con estancias posdoctorales en el extranjero. Rubalcava desarrolló una línea de investigación en la caracterización de receptores a hormonas y el papel de segundos mensajeros en la acción hormonal, mientras que Llerenas y Marta Fernández contribuyeron al estudio de las bicapas lipídicas, tema que estaba teniendo gran desarrollo en el Departamento.

Al Departamento de Fisiología y Biofísica se incorporó en 1974 Hugo Aréchiga, quien continuó los estudios que había iniciado en la Facultad de Medicina de la UNAM sobre neuroendocrinología comparada y modulación de la información sensorial, así como Enrique Stefani, procedente de Argentina y después de haber obtenido el doctorado en Inglaterra bajo la dirección de Ricardo Miledi, antiguo colaborador de Rosenblueth. Con Stefani se introdujo a este departamento la biofísica de los canales iónicos de las membranas excitables. En 1976 ingresó Marcelino Cereijido, que había establecido en Argentina una línea de investigación sobre transporte epitelial y que, ya en el CINVESTAV, cambió por un tema pionero sobre los mecanismos celulares y moleculares de la formación de epitelios *in vitro*. También en esa época se incorporaron al Departamento de Fisiología y Biofísica Julio Muñoz, proveniente de la Sección de Neurobiología del Departamento de Bioquímica, y Carlos Méndez, del Departamento de Farmacología y Toxicología,

quienes continuaron las líneas de investigación que habían empezado. Por un corto tiempo también formó parte del Departamento Harold Dutton, quien ya había colaborado con Pablo Rudomín cuando Dutton estaba en el Departamento de Ingeniería Eléctrica.

El último de los departamentos creados en el área Biológica durante la administración del Dr. Massieu fue el de Neurociencias, en 1974, integrado por los miembros de la Sección de Neurobiología del Departamento de Bioquímica. A ellos se unieron, en 1976, Jorge Hernández, doctorado en Checoslovaquia, y quien inició estudios sobre la ontogenia de los sistemas serotoninérgicos, y Alejandro Oscós, quien después del doctorado en EUA se había incorporado al Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV, pero debido a su interés en Psicología Experimental optó por pasar al nuevo departamento.

Si bien en esta época el área Biológica continuó su desarrollo, ya entonces se presentaron algunos signos ominosos. El generoso apoyo que el gobierno federal había otorgado al CINVESTAV empezó a restringirse, los salarios de los profesores fueron igualados con los del resto del profesorado universitario del país, y el presupuesto fue normalizado con el de otras instituciones de dimensiones similares a la nuestra. Los salarios del personal de apoyo empezaron a rezagarse y se iniciaron las declaraciones públicas de que la ciencia sólo se justifica si produce satisfactores económicos a corto plazo. Se inició el éxodo de investigadores del área Biológica. Como triste tributo a la calidad de los lo-

gros científicos alcanzados en la institución, varios de sus miembros recibieron atractivas ofertas en instituciones extranjeras y abandonaron el CINVESTAV. Así, Carlos Gitler se fue al Instituto Weizmann de Israel, Mauricio Montal pasó a la Universidad del Estado de California, David Erlj a la de Nueva York, y Hugo González a la de Rochester. Dentro del país, Sergio Estrada se cambió a la recién fundada Universidad Autónoma Metropolitana. Desde luego, no fueron estas las primeras bajas en el personal académico. Ya en 1969, un lamentable accidente automovilístico había cortado la vida a Ramírez de Arellano y MacPherson se había ido a EUA; con la salida en tan breve tiempo de un conjunto tan valioso de investigadores, el CINVESTAV sufrió una gran pérdida.

Cuando en 1977 el Dr. Guillermo Massieu fue llamado a ocupar la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas de la SEP, y el Dr. Manuel Ortega fue nombrado Director del CINVESTAV, nuestra institución tuvo por primera vez al frente a alguien que había realizado en ella la mayor parte de su carrera académica. Para entonces el único departamento del área Biológica en proceso de consolidación era el de Neurociencias, que además acababa de perder al Dr. Massieu. En consecuencia, en 1978 se contrató a Javier Alvarez Leefmans, doctorado en Inglaterra y con una estancia posdoctoral con Ricardo Miledi. Luego, ya en 1980, también a Eduardo Rojas e Illani Atwater, ambos profesores de la Universidad de Norwich, Inglaterra, y con una larga trayectoria en el estudio de la biofísica de membranas. Rojas se hizo cargo de la jefatura del Departamento y contrató a Jorge Sánchez, egresado del Departamento de Fisiología y Biofísica, quien después de una estancia posdoctoral en EUA inició su línea de investigación sobre canales iónicos.

En el Departamento de Biología Celular, y como una innovación, se planteó una contratación compartida entre dos departamentos del área Biológica. En 1979, Eugenio Frixione fue adscrito simultáneamente a los departamentos de Biología Celular, y de Fisiología y Biofísica, continuando los estudios sobre el desplazamiento de estructuras subcelulares que había iniciado durante su posgrado en el CINVESTAV. Incorporaciones más recientes

del Departamento de Biología Celular fueron las de Elizabeth Palmer en el equipo de José Luis Saborrío, Mireya de la Garza, doctorada en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y quien ha desarrollado estudios sobre bioquímica bacteriana y biología celular de parásitos, y Eva Avila, que también trabaja en parásitos como *E. histolítica*.

En el Departamento de Bioquímica el área de biomembranas se vio reforzada con la llegada de Alberto Darszon, egresado del mismo departamento, donde había iniciado con Mauricio Montal estudios sobre la incorporación de rodopsina a bicapas lipídicas. También ha analizado las características bioquímicas de la fertilización de células reproductoras, y en colaboración con Jorge Sánchez, ha estudiado el sustrato iónico de la fertilización. Por ese tiempo, Marcos Rojkind regresó al Departamento de Bioquímica después de pasar unos años en EUA.

El Departamento de Genética y Biología Molecular se enriqueció con la llegada en 1978 de Patricio Gariglio, quien ha integrado un grupo para el estudio de la biología molecular de células tumorales, mientras que en la jefatura, durante 1978-1979, estuvo José Ruiz Herrera, bioquímico de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, quien con sus colaboradores, Arturo Flores y Everardo López, continuó en el CINVESTAV el estudio de la biosíntesis de compuestos por hongos y levaduras. Este grupo pronto fue comisionado a Guanajuato, donde fundó en la universidad de ese estado el Instituto de Investigaciones en Biología Experimental, en el que laboran numerosos investigadores egresados del CINVESTAV y donde ofrecen un excelente programa de posgrado.

Las últimas contrataciones de esa década en el Departamento de Farmacología y Toxicología fueron las de Marisabel Mourelle, Tomás Mendoza, y Liliana Favari, egresados del propio centro, y quienes se han dedicado tanto a la búsqueda de nuevos fármacos con propiedades terapéuticas, como al estudio de sus efectos en algunas enfermedades hepáticas.

Así, al final de la década de los años 70 el área Biológica tenía ya seis departamentos y 76 profesores, de los cuales 36 eran titulares, 21 adjuntos y 19 auxiliares.

Estado actual, 1980-1990

En este periodo la expansión de la planta académica del área Biológica ha continuado. Como consecuencia de una fusión de compañías farmacéuticas transnacionales, los laboratorios Miles fueron adquiridos por la casa Bayer de Alemania, y ello determinó el cierre del Instituto Miles de Terapéutica Experimental en México, una de las raras instituciones de investigación del sector privado en nuestro país. Había sido fundado por el Dr. Efraín Pardo y tenía un grupo de investigadores entre los que se encontraban Julián Villarreal, director y especialista en farmacodependencia; Enrique Hong, con un larga trayectoria en la farmacología de sistemas serotoninérgicos y ya interesado en el desarrollo de nuevos fármacos; y como investigadores jóvenes Jorge Herrera, Aurelio Mena y Jorge Peón. Este grupo se integró al Departamento de Farmacología y Toxicología como la Sección de Terapéutica Experimental, que quedó a cargo de Enrique Hong, en tanto que Julián Villarreal ocupaba la jefatura del Departamento de Farmacología y Toxicología, que había quedado vacante después de la renuncia de Antonio Morales, quien pasó al IMSS de Monterrey.³

La presencia de un grupo de investigadores del Departamento de Farmacología y Toxicología en el sur de la ciudad ha permitido la movilización de algunos miembros del área Biológica. Así, en 1981 Javier Alvarez pasó del Departamento de Neurociencias al de Farmacología y Toxicología. En las instalaciones de Tlalpan quedaron Jorge Peón, Rogelio Hernández, David Elías, Heriberto Macías, Lorenzo Leija, Eduardo Herrera y Gilberto Castañeda, y recientemente se incorporaron Alejandro Oscós y Gloria Benítez.³

En 1981 ingresó al Departamento de Fisiología y Biofísica Carlos Beyer, distinguido endocrinólogo con larga trayectoria en biología de la reproducción y quien era entonces director del Centro de Investigaciones en Reproducción Animal en Tlaxcala. Con él se incorporaron sus colaboradores, Gabriela González Mariscal y Alonso Fernández Guasti, quien después de doctorarse pasó al Departamento de Farmacología y Toxicología. La incorporación de Carlos Beyer y sus colaboradores llevó en breve al establecimiento de un con-

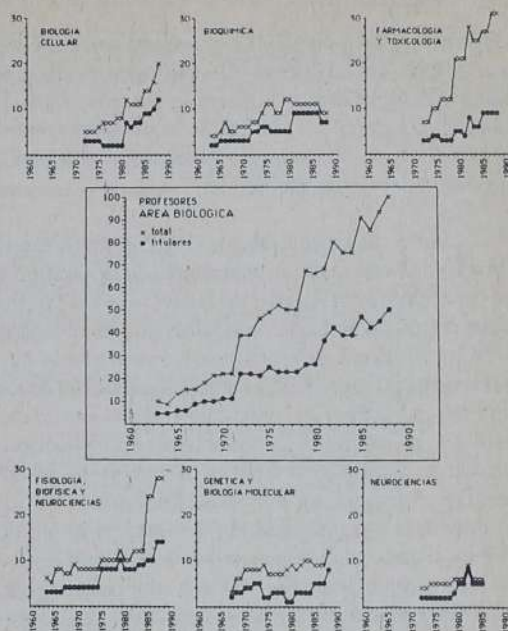


Figura 2.

venio con la Universidad Autónoma de Tlaxcala, mediante el cual se ha creado un posgrado en biología de la reproducción en esa institución.

Marta Romano llegó al Departamento de Fisiología y Biofísica procedente de la UNAM, para continuar sus estudios sobre endocrinología comparada y, después de una larga estancia en EUA, Fidel Ramón se incorporó al mismo departamento para continuar sus estudios sobre los mecanismos moleculares de la regulación de la conductancia de las uniones comunicantes.

En 1982 se iniciaron gestiones, que culminaron dos años después, para el establecimiento de un laboratorio de Fisiología de Especies Marinas en las instalaciones del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C., dependiente del CINVESTAV. El laboratorio quedó a cargo de Carlos Méndez y funcionó hasta 1988. Carlos Méndez, junto con Vicente Hernández, quien se había integrado al Laboratorio de Ensenada, regresaron a las instalaciones de Zacatenco.

El Departamento de Genética y Biología Molecular continuó su desarrollo, incorporando a Ester Orozco, egresada del CINVESTAV; Cecilia Montañez graduada de la Escuela Nacional de Ciencias Bioló-

gicas, quien llegó en 1982 después de una estancia posdoctoral en Inglaterra; Guadalupe Ortega graduada en Inglaterra; y finalmente Lourdes Muñoz, también egresada del CINVESTAV. Este grupo de investigadoras se ha dedicado al estudio de la biología molecular de parásitos.

Cuando en diciembre de 1982 el Dr. Manuel Ortega fue nombrado Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas de la SEP, y el Dr. Héctor Nava ocupó la dirección del CINVESTAV, la estructura del área Biológica ya era fundamentalmente la que existe ahora (Figura 2). Durante los últimos años los cambios de mayor consideración en su estructura han sido la fusión del Departamento de Neurociencias con el de Fisiología y Biofísica para formar el actual Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, y la reciente creación del Departamento de Patología Experimental en abril de 1990, bajo la jefatura de Adolfo Martínez Palomo, donde han sido contratados Patricia Talamás y José Luis Rosales, para trabajar en la bioquímica molecular de parásitos.

Al mismo tiempo que se unieron los departamentos de Fisiología y Biofísica y el de Neurociencias, el nuevo departamento se vio enriquecido con la incorporación de un grupo de sus jóvenes egresados: José Bargas, Elvira Galárraga, Ismael Jiménez, Daniel Martínez, Raúl Mena y Marcos Solodkin, este último por desgracia fallecido recientemente. Aunque al momento de su contratación algunos de ellos no habían terminado el doctorado, actualmente todos lo han hecho y algunos también han realizado ya estancias postdoctorales en EUA. Además, llegaron Amelia Rivera y Gabriel Cota; la primera, graduada en la Universidad de Puerto Rico, estudia la transmisión sináptica tanto química como eléctrica, mientras que el segundo, egresado del mismo departamento y con una estancia posdoctoral en EUA, estudia las bases iónicas de la secreción en células hipofisarias. La incorporación más reciente de este departamento ha sido la de Ubaldo García, quien después de una estancia posdoctoral en Suiza, estudia la electrofisiología de las células neurosecretores.

Así, pese a los problemas económicos generales del país y a que se han perdido líderes tan valiosos para la institución como Eduardo Rojas, Enrique Stefani, Marcos Rojkind, quienes laboran

actualmente en EUA, y Fernando Bastarrachea, quien pasó a la UNAM, el crecimiento del área Biológica en las instalaciones de Zacatenco no se ha detenido. Se han incorporado jóvenes investigadores, y la planta académica a principios de

Tabla 1. Distribución de profesores, artículos publicados y grados otorgados por el Área Biológica en 1988.

	Profesores		
	Titulares	Adjuntos	Auxiliares
Biología Celular	10	3	0
Patología Experimental	2	2	3
Bioquímica	7	2	0
Farmacología y Toxicología	5	5	0
Bioelectrónica	1	5	5
Terapéutica Experimental	3	6	1
Fisiología, Biofísica y Neurociencias	14	10	4
Genética y Biología Molecular	8	3	1
	50	36	14

	Publicaciones en			
	Revistas		Libros	
	Nac	Int	Nac	Int
Biología Celular	9	11	5	0
Patología Experimental	4	9	6	5
Bioquímica	4	16	2	2
Farmacología y Toxicología	2	15	1	2
Bioelectrónica	0	0	0	0
Terapéutica Experimental	4	13	4	3
Fisiología, Biofísica y Neurociencias	1	30	8	3
Genética y Biología Molecular	11	16	2	4
	35	108	28	19

	Egresados	
	M. en C.	D. en C.
Biología Celular	2	1
Bioquímica	4	1
Farmacología y Toxicología	12	4
Fisiología, Biofísica y Neurociencias	4	6
Genética y Biología Molecular	4	1
	26	13

1989 era ya de 50 titulares, 36 adjuntos y 14 auxiliares (ver Tabla I y Figura 2).

El área Biológica cuenta con profesores titulares, adjuntos y auxiliares. En los primeros años estas categorías no estaban completamente definidas y además hubo instructores e investigadores auxiliares. Sin embargo, como esta situación duró pocos años, para el presente artículo estas últimas categorías han sido incluidas dentro de los actuales profesores auxiliares.

Como se advierte en la gráfica central de la Figura 2, el número de profesores del área Biológica ha crecido de manera gradual. Al momento de su fundación, los dos departamentos iniciales, Bioquímica y Fisiología, tenían en conjunto 5 profesores titulares, 3 adjuntos y 5 auxiliares. En 1969 ya había 10 profesores titulares, 4 adjuntos y 10 auxiliares, distribuidos en tres departamentos (Bioquímica, Genética y Biología Celular, y Fisiología y Biofísica). Diez años después el área Biológica contaba con 36 profesores titulares, 21 adjuntos y 18 auxiliares en seis departamentos. En diciembre de 1988 había 50 profesores titulares, 34 adjuntos y 16 auxiliares en cinco departamentos (Tabla I).

El crecimiento en el número de profesores, así como el de profesores titulares del área Biológica y de los diferentes departamentos que la conforman, está ilustrado en la Figura 2. Después de un lento inicio en que se creció a una tasa de menos de 1 profesor por año, la planta académica ha aumentado en escalones, con un incremento de casi 2 profesores titulares por año. Sin embargo, el último de estos escalones, que se inició en 1982, se ha mantenido hasta 1988. En contraste, la pendiente de crecimiento total desde 1966 es de más de 4 profesores por año, y ha continuado igual. Esto indica que hay una elevada proporción de profesores que recientemente han ingresado en niveles de adjunto y auxiliar. En consecuencia, la relación de profesores titulares al total de profesores, que en el área Biológica era cercana a 0.65 entre 1963 y 1972, bajó a 0.45 en 1978-1979, y aumentó lentamente a partir de entonces hasta llegar al 0.5 actual. Aun así, la composición del profesorado continúa siendo semejante a una pirámide invertida (50 profesores titulares, 34 adjuntos, 16 auxiliares; Tabla I), y todavía refleja la estructura original del CINVESTAV

ARTÍCULOS PUBLICADOS
ÁREA BIOLÓGICA

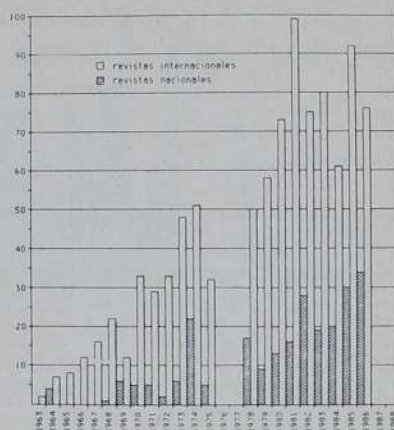


Figura 3.

basada en investigadores independientes maduros. En la Figura 2 también se advierte que el crecimiento no ha sido igual en todos los departamentos del área, ya que mientras en un extremo Farmacología y Toxicología ha más que triplicado su planta académica en 17 años, Bioquímica no ha crecido en los últimos diez años.

Producción Académica

Las actividades fundamentales del personal académico del CINVESTAV son la investigación y la docencia, consideradas como funciones complementarias. De hecho, la investigación que se realiza en el CINVESTAV está esencialmente ligada a la formación de investigadores, y las actividades escolares están basadas en la labor científica. Así, y sólo con fines descriptivos, a continuación se presentan ambos tipos de actividades por separado para el personal del área Biológica.

Investigación

Convenientemente, la producción científica se expresa en publicaciones, ya sea en revistas o en libros nacionales o internacionales. En este aspecto los profesores del área Biológica han realizado una contribución notable. La Figura 3 muestra la pro-

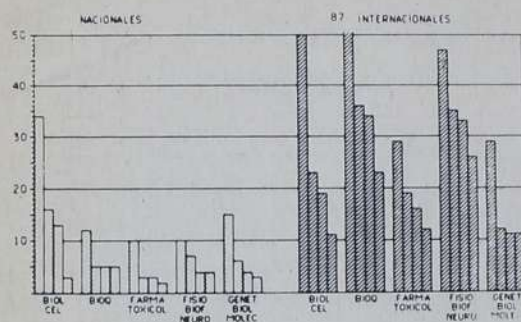


Figura 4.

ducción de artículos en revistas científicas dividida en dos grandes capítulos. Las barras punteadas indican la producción de artículos publicados en revistas internacionales, que fue en aumento a partir de 1963 hasta aproximadamente 1980, y se ha mantenido casi constante a partir de entonces (con excepción de 1981 en que hay un gran incremento). La producción de artículos en revistas nacionales, que hasta 1975 era relativamente baja, ha ascendido en forma ligera pero continua a partir de entonces. En el presente, cerca de la mitad de la producción de artículos aparece en revistas nacionales, mientras que en el período 1963-1973 casi la totalidad eran publicados en revistas internacionales.

Aunque el aumento en el número de artículos publicados en revistas nacionales es satisfactorio,

las cifras sobre publicación en revistas internacionales son preocupantes, ya que no han aumentado desde 1980. Es interesante que se detecta un estancamiento similar en la producción científica de algunas áreas de la ciencia mexicana, y que coincide con la pobre situación del país durante el último decenio (ver Figura 5).

Como se ilustra en la Figura 3, el número total de artículos publicados por el área Biológica (nacionales más extranjeros) aumentó progresivamente hasta 1981, cuando empieza a haber oscilaciones, que alcanzan un mínimo de 81 artículos en 1984 y un máximo de 122 en 1985. En promedio, desde 1980 se publicaron 102 ± 14 artículos/año.

Los artículos producidos por los profesores del área y mostrados en la Figura 3 han sido desglosados por departamento en la Tabla 2, donde también se han separado aquellos publicados en revistas nacionales e internacionales. Hasta 1986 el área Biológica había publicado 1211 trabajos, lo que da un promedio de 11.6 ± 4.34 artículos/año-departamento.

En cuanto a la proporción de artículos en publicaciones nacionales e internacionales, ésta varía, desde 14.1% y 85.9%, respectivamente, en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, hasta 32.2% y 66.8% en el Departamento de Biología Celular. Sin embargo, existe una tendencia a publicar más en revistas internacionales. El departamento que menos publica en el exterior lo hace en dos terceras partes de su producción científica, un patrón muy similar al descrito recientemente para los institutos del área biomédica de la UNAM.⁴

Tabla 2. Artículos publicados por los departamentos del Área Biológica. En cada caso se analiza solamente el periodo descrito, pero no hay datos para los años 1976-1977. El total de artículos es de 1211, y la producción de artículos/año para toda el Área es de 11.6 ± 4.3 . Se incluyen los datos para el Departamento de Neurociencias antes de su fusión con el Departamento de Fisiología y Biofísica.

	Período	Revistas		Artículos		Total	Total (%)	
		Nac	Int	Libros	Int		Nac	Int
Biología Celular	1972-1986	61	130	15	23	229	33.2	66.8
Bioquímica	1963-1986	30	192	20	73	315	15.9	84.1
Farmacología	1970-1986	18	102	11	21	152	19.0	81.0
Fisiología	1963-1986	19	246	26	28	319	14.1	85.9
Genética	1967-1986	27	102	6	20	155	21.2	78.8
Neurociencias	1975-1985	2	28	7	4	41	21.9	78.1

Tabla 3.

	Período	Profesores		Total Artículos (Int + Nac)	Artículos por Prof. (Tit + Adj) por año
		Tit	Adj		
Biología Celular	1972-1986	63	40	229	2.22
Bioquímica	1963-1986	116	52	315	1.87
Farmacología	1970-1986	69	75	152	1.05
Fisiología	1963-1986	132	55	319	1.70
Genética	1967-1986	57	58	155	1.34

En la Figura 4 se muestra la producción de los cuatro profesores de cada departamento que más han publicado en revistas nacionales (barras punteadas) e internacionales (barras rayadas). Como puede advertirse, hay diferencias en la producción tanto nacional como internacional entre los miembros de los diferentes departamentos.

Es frecuente que en las evaluaciones de rendimiento también se incluya como parámetro la productividad. En este caso, al hacer la relación del número de artículos por profesor por año, en cada uno de los departamentos se consideraron solamente los profesores titulares y adjuntos, debido a la reciente incorporación de los profesores auxiliares. Es claro que esta es solamente una aproximación; sin embargo, refleja la productividad de los profesores del área y permite una comparación entre los diferentes departamentos.

La Tabla 3 muestra la productividad de los diferentes departamentos del área en un período que alcanza un máximo de 22 años, entre 1963 y 1986. Para obtener el número de profesores en la columna correspondiente se sumaron los profesores titulares en cada año del período correspondiente. Así, por ejemplo, en el Departamento de Biología Celular se consideró un total de 63 profesores titulares, aunque en ningún año pasaron de 10 (el máximo fue de 10 en 1987 y el mínimo de 3 en 1973). Se hizo igual para los profesores adjuntos.

Los datos de la Tabla 3 indican una productividad global de 1.63 ± 0.4 artículos/año para los profesores (titulares+adjuntos) del área. Esta productividad es muy representativa del área, considerando que cubre un período de 22 años y que corresponde a diferentes individuos. Aunque no es posible comparar este promedio con el internacional porque este último no ha sido obtenido, si podemos compararlo con parámetros nacionales. Por ejemplo, considerando que el promedio de 1.63

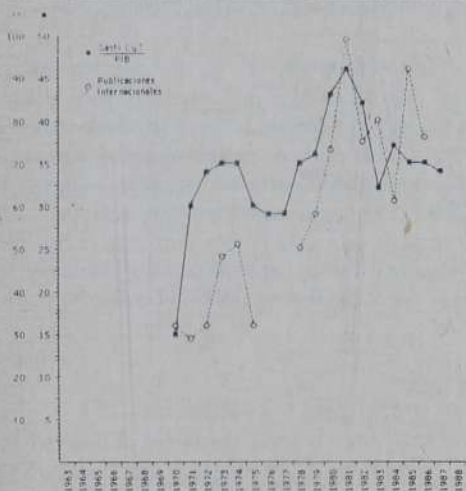


Figura 5.

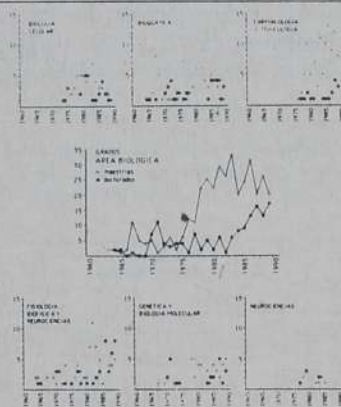


Figura 6.

fue obtenido a partir de profesores con un grado variable de experiencia (titulares+adjuntos), éste se compara muy favorablemente con la productividad determinada para áreas como la física, que ha fluctuado entre 1.2 y 1.6 durante esta década,⁵ y para la biomedicina.⁴ Según esta última encuesta, durante el trienio 1984-1987 el porcentaje de artículos en publicaciones internacionales del área Biológica del CINVESTAV fue superior al de cualquiera de los institutos de la UNAM del área biomédica. En ese estudio la Facultad de Medicina de la UNAM tiene el promedio más alto con 8.83%, el Instituto de Fisiología Celular llega a 8.15% y el Instituto de Investigaciones Biomédicas 5.49%, mientras que el área Biológica del CINVESTAV alcanza el 9.27%.

Es claro que la ciencia de un país requiere interés por parte del gobierno y esto puede manifestarse claramente en los fondos invertidos en ella. Para establecer una medida de la trascendencia de este aspecto, hemos hecho una correlación entre el gasto en Ciencia y Tecnología (CyT) del gobierno federal y los artículos producidos por los profesores del área Biológica y aparecidos en publicaciones internacionales. Aunque esta correlación se hace entre dos variables sólo indirectamente calculables, es notable que aun así se manifieste una relación tan estrecha.

La Figura 5 muestra, en porcentaje, la fracción del Producto Interno Bruto (PIB) que se gastó en Ciencia y Tecnología (CyT) en México entre los años⁶ 1970-1987 y el número de artículos publicados en revistas internacionales por los profesores del área Biológica. Como puede verse hay una gran correlación entre estos dos parámetros. Cuan-



do el gasto aumentó en los años 1973-1974 la producción aumentó, y una disminución del gasto entre 1975-1977 también se correlaciona con una disminución en el número de publicaciones. Un nuevo aumento en el gasto, que alcanza un máximo en 1981, nuevamente corresponde con un aumento en el número de publicaciones. También es interesante que en 1985 hay otro pico en el número de artículos publicados, y que coincide con la aparición del Sistema Nacional de Investigadores, aunque el gasto en CyT estaba disminuyendo.

Las oscilaciones en el número de publicaciones internacionales del área Biológica durante este período no correlacionan con oscilaciones semejantes en el número de profesores titulares en el Área, como puede verse al comparar las figura 2 y 5. Desde luego, no sorprende que a mayor inversión corresponda una mayor producción científica. Ya hace más de un siglo el químico Dumas advertía que "el genio florece donde el gobierno pone el dinero".

Docencia

La otra actividad predominante del profesorado del área Biológica es la enseñanza y ésta puede medirse parcialmente con los grados otorgados de maestro y doctor en ciencias. La Figura 6 muestra el

Tabla 4. Grados otorgados de los departamentos del Área Biológica. Se analiza solamente el período descrito. El total es 515, lo que da un promedio de 19.8 grados/año para el Área.

	Período	Grados	
		MC	DC
Biología Celular	1971-1989	56	23
Bioquímica	1963-1989	84	36
Farmacología	1971-1989	101	18
Fisiología	1963-1989	80	46
Genética	1967-1989	39	17

Tabla 5. Lugares de trabajo de los egresados del Área Biológica. No se incluye a aquellos que han continuado estudiando. Los datos del Departamento de Neurociencias corresponden al período 1975-1985. Los signos de interrogación indican el número de graduados cuya filiación se desconoce.

	Biología Celular	Genética y Biología Molecular	Bioquímica	Farmacología y Toxicología Terapéutica Experimental	Fisiología, Biofísica y Neurociencias	Neurociencias Total	
CINVESTAV	14	5	13	23	18	1	74
Universidad DF	4	5	23	19	16	—	67
Hospital Provincia	16	16	21	23	15	5	96
Extranjero	7	9	20	7	19	6	68
Otros	9	9	4	13	8	2	45
??	28	22	30	34	50	1	165
	78	66	111	119	126	15	515

número de grados otorgados por los departamentos del Área, desde 1963 hasta 1989. Los inicios difíciles de un posgrado se observan en el número bajo de grados otorgados en los primeros años. Sin embargo, a partir de 1978 el número de egresados con el grado de maestro en ciencias aumentó notablemente, y es interesante notar que se ha mantenido en 24.8 ± 4.2 (media $\pm$ D.E.)/año con una tendencia a disminuir, reflejando, quizá, que el número de profesores titulares se estabilizó a partir de 1980 y(o) que el ingreso de estudiantes ha dismi-

nuído. Coincidiendo con la baja en el número de maestros en ciencias, el de doctores en ciencias graduados en el área Biológica ha aumentado sugiriendo que a partir de 1982 los graduados como maestros en ciencias continúan más frecuentemente hacia el doctorado. La suma de los dos grados otorgados, maestría en ciencias y doctorado en ciencias, es aproximadamente constante, con un promedio de 33.0 ± 6.1 grados/año entre 1978-1989.

Tabla 6. Estados de la República donde egresados de los diferentes departamentos del Área Biológica se encuentran trabajando en instituciones de educación superior.

Estado	Biología Celular	Genética y Biología Molecular	Bioquímica	Farmacología y Toxicología Terapéutica Experimental	Fisiología, Biofísica y Neurociencias	Neurociencias Total	
Ags	1			1		1	4
BC					1		1
Chih		2	3	1		1	7
Chis		1				1	2
Coah			1	2			3
Col				5	7	1	13
Dgo			1	1			2
EdoMex		1	2	1			4
Gto	4	8	5				17
Gro			1				1
Jal	2			1		1	4
Mor	2						2
Mich		3	2				5
NL	1			4	1		6
Pue	1		4	2			7
Qro					2		2
SLP	4	1	1	2			8
Sin				1			1
Tab					3		3
Tamps	1						1
Tlax			1				1
Zac				2			2
	16	16	21	23	15	5	96

Por lo que respecta a la contribución de los diferentes departamentos, en las gráficas pequeñas de la Figura 6 se ve que en los últimos años corresponde al Departamento de Farmacología y Toxicología la mayor producción de maestros en ciencias, y al de Fisiología y Biofísica la de doctores en ciencias. También es interesante considerar que hasta 1989 el CINVESTAV había otorgado 1192 grados de maestría y 256 de doctorado y de éstos, 371 y 144 respectivamente eran del Área Biológica, lo que corresponde al 31.1% de las maestrías en ciencias y el 56.2% de los doctorados en ciencias de la institución.

La Tabla 4 muestra la producción total en maestros y doctores en ciencias de los departamentos del Área Biológica. Esta producción se compara muy favorablemente con la de otras instituciones del país. Así, en las dos encuestas sobre el posgrado nacional realizadas por CONACyT, la productividad tanto en maestros como en doctores en ciencias del área Biológica del CINVESTAV, ha resultado la más alta del país. De hecho, el CINVESTAV, sigue siendo la institución que más graduados con posgrado ha producido en las diversas disciplinas biomédicas.^{7,8}

Ubicación de los egresados

El papel que el CINVESTAV tiene en la integración de los cuadros académicos de las instituciones nacionales de educación superior se advierte al considerar la localización de los egresados de los programas de posgrado. En este aspecto el área Biológica también ha mostrado un gran vigor y la Tabla 5 muestra el lugar de adscripción actual de sus egresados, aunque no hay datos sobre la localización de aproximadamente la tercera parte de ellos. Sin embargo, es claro que más de la mitad de los localizados se encuentran trabajando en algún centro de educación superior y solamente 45 (8.7%) abandonaron las actividades académicas.

También es interesante observar que el CINVESTAV mismo ha aceptado dentro de su planta docente en promedio al 15% de sus egresados, aunque algún departamento tiene hasta el 23%

(Farmacología y Toxicología) mientras que otro solamente el 5% (Genética).

Como puede verse en la Tabla 6, el 27% de los egresados del Área Biológica cuya afiliación se conoce trabaja en centros de educación superior en los Estados de la República. De éstos, los núcleos más importantes están en los estados de Colima y Guanajuato, y es interesante que el grupo de Guanajuato salió de los departamentos de Biología Molecular, y Bioquímica, mientras que el de Colima lo forman graduados de los Departamentos de Farmacología y Toxicología, y de Fisiología, Biofísica y Neurociencias.

Otra información importante corresponde a los países extranjeros donde están trabajando los egresados del área Biológica (Tabla 7). De estos, una enorme mayoría se encuentra en EUA, reflejando que la mayor interacción académica de los profesores del área Biológica es con investigadores de ese país. Los departamentos que más han contribuido son Bioquímica con 16 y Fisiología, Biofísica y Neurociencias con 20.

Distinciones

Un último aspecto que, aunque controvertido, contribuye a caracterizar un grupo de investigadores es aquel de las distinciones recibidas, y debe ser considerado cuando el compromiso con la calidad del desempeño no es afectado. Ejemplos de este aspecto son los siguientes. Cuando hace diez años se instauró la Comisión de Promoción y Becas de Exclusividad en el CINVESTAV, integrada exclusivamente por investigadores, se tomó la decisión de reservar la máxima categoría del tabulador del personal académico para aquellos investigadores cuya obra tuviera una repercusión superior al promedio nacional. Los primeros departamentos del CINVESTAV en los que se aplicó ese criterio que aún rige (ver referencia 9) fueron los del área Biológica y la Tabla 8 muestra la distribución actual de profesores en las categorías D y E. Comparados con el total de profesores titulares D y E del CINVESTAV, que es de 25 y 11 respectivamente, se observa que en el área Biológica se encuentran el 44% y el 72% respectivamente.

Tabla 7. Países extranjeros donde se encuentran los egresados del Área Biológica.

	Biología Celular	Genética y Biología Molecular	Bioquímica	Farmacología y Toxicología Terapéutica Experimental	Fisiología, Biofísica y Neurociencias	Neurociencias Total
Argentina	1		2		1	4
Brasil	1					1
Canadá	1		1		1	3
Colombia		1		1	1	3
España				1		1
EUA	3	6	9	2	12	35
Francia	1		1	1	1	4
Holanda				1		1
Inglaterra		1	2			4
Israel					1	1
Panamá					1	1
Puerto Rico					1	1
Rep. Dominicana			1		1	2
Suiza						1
	7	8	16	6	20	62

La presencia del personal académico del área Biológica en la comunidad científica nacional también puede manifestarse de diversas maneras; sólo como ejemplo, de ella han surgido ocho Premios Nacionales de Ciencias, diez Premios de la Academia de la Investigación Científica y cuatro Presidentes de esta misma Academia. Además, al integrarse las primeras comisiones dictaminadoras del SNI con investigadores del más alto nivel, en todas las áreas que se cultivan en el CINVESTAV hubo miembros escogidos, pero en la Comisión de Ciencias Biológicas, Biomédicas y Agropecuarias fue donde la proporción resultó más alta, ya que cinco de sus nueve miembros pertenecían al área Biológica, y aún en la comisión más reciente la cuarta parte de sus integrantes son miembros del Área.

A nivel internacional también han correspondido algunas distinciones a miembros del área Biológica, como el Premio Bernardo Houssay de la OEA, el Premio Príncipe de Asturias de España, y el

Premio de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo. Además, a la muerte del Dr. Rosenblueth la Fundación Grass de EUA estableció en su honor una cátedra para Profesores Visitantes al Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias que se mantiene vigente y que ha sido ocupada por científicos del más alto nivel.

La presencia de los profesores del área Biológica en sus respectivos campos también puede medirse con el número de aquellos que han sido presidentes de sociedades científicas importantes. Así, de los 17 presidentes que la Sociedad Mexicana de Bioquímica ha tenido desde su fundación, 8 de ellos han sido profesores del área Biológica, y de los 17 presidentes de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, 7 han sido profesores del área.

Perspectivas

El desarrollo del área Biológica del CINVESTAV ha pasado por dos etapas. Una, en sus orígenes, cuando la mayoría de sus integrantes llegaron a la institución como investigadores maduros para iniciar grupos de trabajo, y otra, cuando el crecimiento se ha basado en egresados de la misma institución. Esta tendencia se muestra en la Figura 2, donde se ve que el número de profesores adjuntos y auxiliares ha aumentado de manera importante en los úl-

Tabla 8. Profesores Titulares D y E en los departamentos del Área Biológica.

	Profesores Titulares "D"	"E"
Biología Celular	3	1
Bioquímica	1	1
Farmacología	4	—
Fisiología	2	5
Genética	1	1

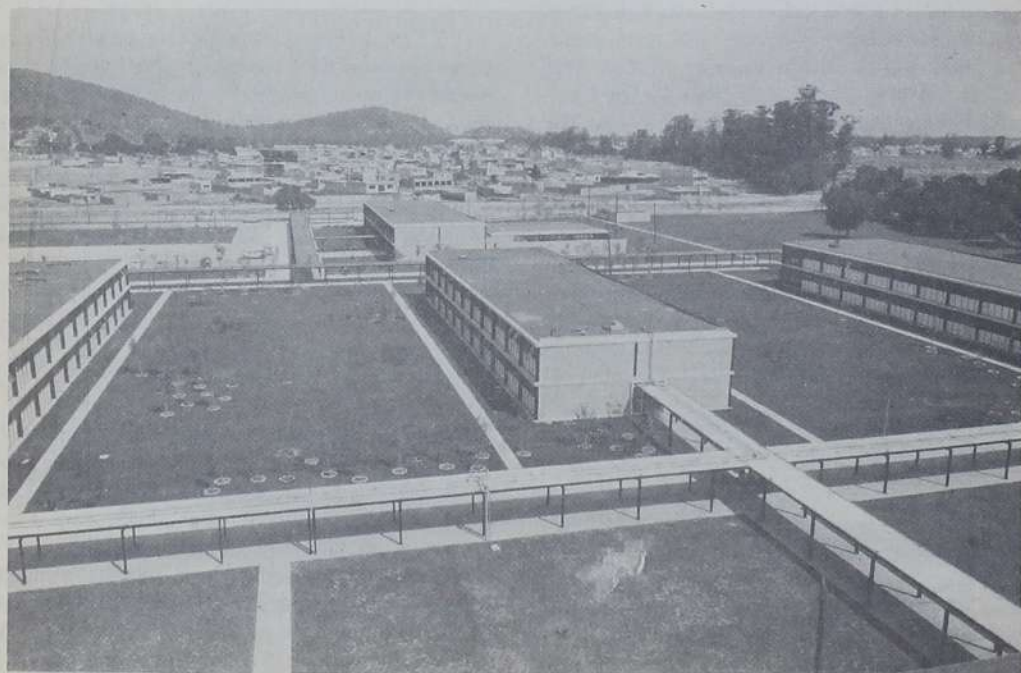
timos años, mientras que el de titulares ha crecido sólo ligeramente. A pesar de ello, como se apunta en la Tabla I, la pirámide sigue invertida, hay tantos profesores titulares como adjuntos y auxiliares juntos.

Al aproximarse el CINVESTAV a término de su tercera década, ya han empezado a retirarse algunos de los profesores fundadores, y pronto la institución llegará a otra prueba de su viabilidad, cuando la generación que le dio origen deje la responsabilidad a los investigadores jóvenes, fundamentalmente egresados del CINVESTAV.

Además, este es un momento difícil en el que no dejan de advertirse signos de deterioro. Los programas de profesores visitantes y los gastos para asistencia a reuniones científicas han sido severamente reducidos. El equipo para investigación casi no se ha renovado, y lo poco que se ha adquirido ha sido casi exclusivamente con fondos extra-institucionales. El CINVESTAV tampoco ha salido indemne de los problemas que afectan al posgrado nacional. La ciencia como actividad profesional resulta poco atractiva a los jóvenes, quienes se enca-

minan hacia actividades mejor remuneradas y con mayor reconocimiento social. Esto resulta paradójico, ya que actualmente la penetración social de la ciencia es mayor que nunca, en especial en las áreas de biología y biomedicina donde se han abierto amplios cauces para la investigación científica y la aplicación de sus logros. En gran parte, el futuro del área Biológica del CINVESTAV dependerá de la habilidad de sus integrantes para aprovechar todas las oportunidades.

Hasta ahora el área Biológica ha resistido la pobre situación económica actual y, gracias a su alta calidad, su personal ha tenido acceso a fuentes extrainstitucionales de apoyo. Así, al crearse el Sistema Nacional de Investigadores, el CINVESTAV fue la institución con la proporción más alta de personal académico admitido. En los programas del CONACYT y de la SEP para subsidio a la investigación, los miembros del CINVESTAV siempre han concursado exitosamente, y las fuentes internacionales también han contribuido, recibiendo subsidios de la Fundación MacArthur y la Fundación Rockefeller para Patología Experimental, y cuatro miembros del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neuro-



ciencias han recibido subsidios de los Institutos Nacionales de Salud de EUA, caso único de este tipo en Latinoamérica.

En resumen, pese a los problemas actuales y a la pérdida de algunos de sus miembros más prominentes, el área Biológica del CINVESTAV ha mantenido su estructura y producción científica y de graduados. El ambiente de trabajo sigue siendo muy estimulante y las colaboraciones interdepartamentales continúan siendo frecuentes. Además, los estudiantes encuentran un ambiente interdisciplinario de alta calidad que suele confirmarlos en su vocación científica, y no es aventurado pensar que remontaremos la tercera década de vida institucional como un grupo productivo, capaz de enfrentar los retos del futuro inmediato.

Agradecimientos

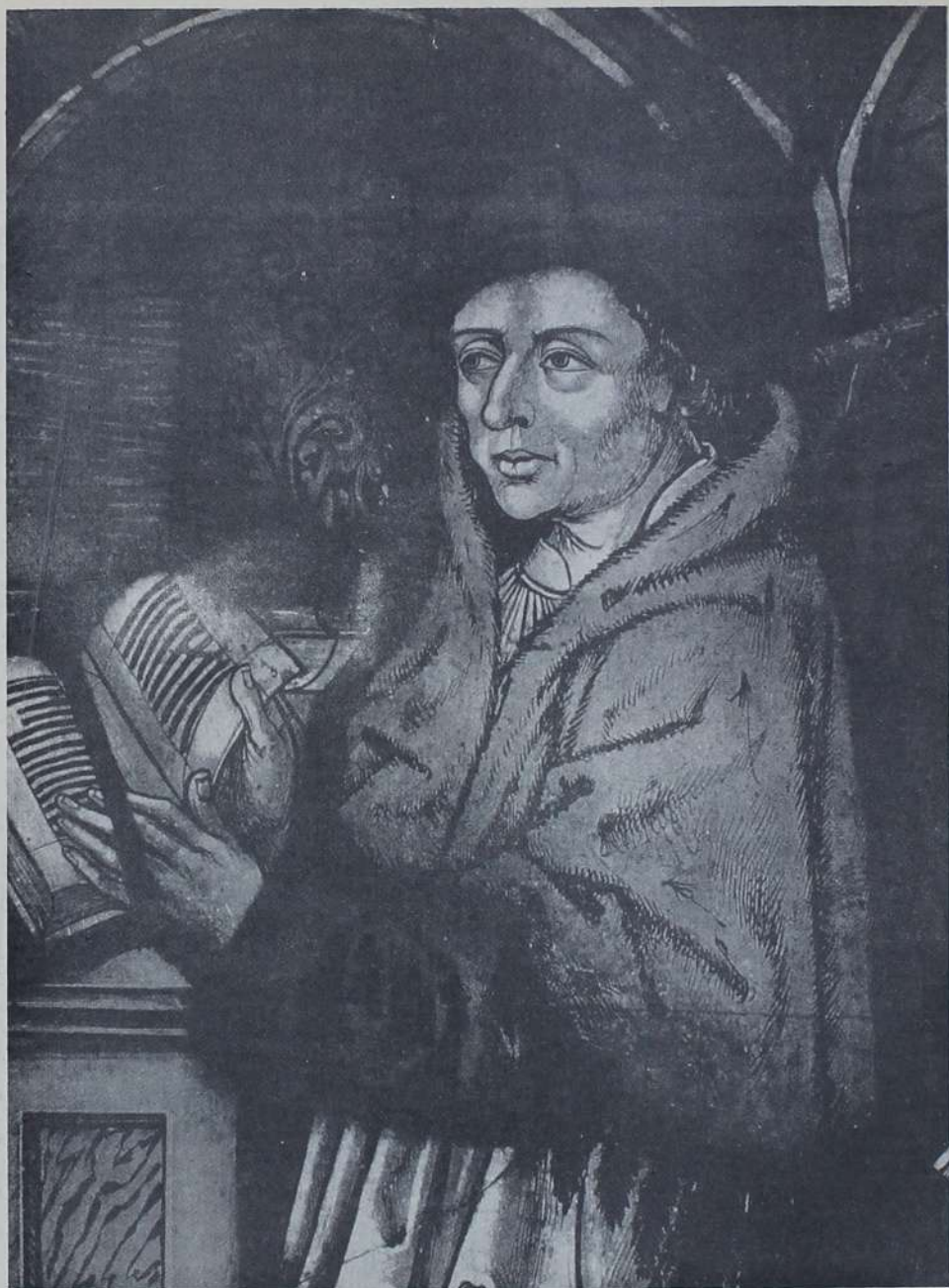
Parte de la información presentada aquí fue generosamente aportada por el Dr. E. Campesino, Secretario Académico, y el Lic. A. Alejandre, jefe del

Departamento de Servicios Escolares, ambos del CINVESTAV.

Bibliografía

1. García Ramos, J. 1961-1986 Breve bosquejo histórico. *Avance y Perspectiva* No. 30. Primavera 1987. pp. 11-13.
2. Wiener, N. *Cibernética y Sociedad*. CONACyT. 1981.
3. Villarreal, J. La Farmacología Mexicana: Historia y futuro. *Avance y Perspectiva* No. 31. Verano 1987. pp. 3-17.
4. Alarcón-Segovia, D., H. Aréchiga y J.R. de la Fuente. La investigación científica en México. *Ciencia y Desarrollo*, Julio-Agosto 1990 (En Prensa).
5. Malo, S. y G. Garza. Los investigadores nacionales de nivel III. *Ciencia y Desarrollo* XIV (83): 141-153, 1988.
6. Lustig, N., F. del Río, O. Franco, y E. Martina. Evolución del gasto público en ciencia y tecnología 1980-1987. *Acad. Inv. Cientif. México*, D.F. 1989.
7. Sarukhán, J., C. Valverde, y cols. La educación superior en biología y ciencias de la salud en México. *Ciencia y Desarrollo*. Número especial. pp. 17-34. Abril 1987.
8. Aréchiga, H. y cols. Evaluación del posgrado en Biología. *Ciencia y Desarrollo*. CONACyT. Número especial. Septiembre. pp. 35-45. 1989.
9. *Avance y Perspectiva*. No. 37. Enero-Marzo 1989. pp. 65-66.





Vitral creado alrededor de 1485 por Wohlgemuth, maestro de Durero, ilustra la belleza del colorido de vidrio al agregársele partículas metálicas y formar cúmulos de átomos. Tomado de *Physics Today*, mayo de 1990.

Cúmulos de átomos: ¿una nueva física?

Los cúmulos de átomos no son tan pequeños para ser considerados como moléculas ni son lo suficientemente grandes para tener las propiedades de un sólido



Vitral de Marc Chagall en el edificio de las Naciones Unidas en Nueva York, 1967.

Jesús Dorantes Dávila

Cúmulos en la física

El concepto más conocido de cúmulos está asociado a las nubes con aspecto de montaña de nieve y bordes brillantes. Sin embargo, los físicos encontramos cúmulos en todas partes: en núcleos, dentro o adsorbidos en sólidos, en haces moleculares, cúmulos neutros o cargados en la atmósfera, cúmulos de computadoras...

El Dr. Jesús Dorantes Dávila es profesor titular del Departamento de Física del CINVESTAV. Es ingeniero químico del ITESM, y maestro y doctor en ciencias (Física) del CINVESTAV. Su campo de investigación es el estudio de las propiedades electrónicas de sólidos, el magnetismo de metales de transición de baja dimensionalidad y el formalismo del método de amarre-fuerte para sólidos.

En este artículo examinaremos cúmulos de átomos, es decir, agregados demasiado grandes para ser considerados como moléculas y lo suficientemente pequeños para no tener aún las propiedades de un cristal. Esto nos lleva a hacernos una pregunta fundamental: ¿cómo evolucionan gradualmente las propiedades de un sistema cuando juntamos átomos poco a poco y formamos cúmulos de diferente tamaño?; dicho de otra manera ¿cómo varían las propiedades físicas cuando electrones de un mismo átomo pasan a formar parte de un grupo de átomos y cómo se alcanza el comportamiento del cristal? Por ejemplo, es importante saber cuántos átomos de un metal son necesarios para que el cúmulo muestre conductividad metálica; cada vez que agregamos un átomo a un cúmulo de determi-

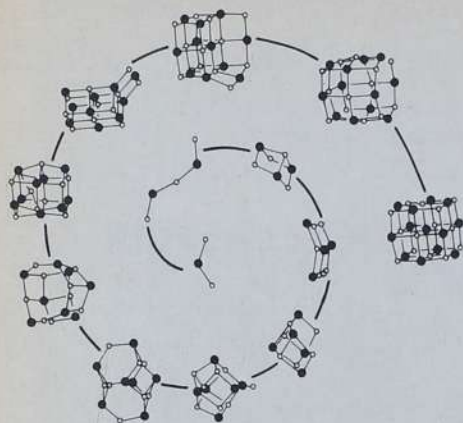


Figura 1. Configuraciones calculadas para cúmulos de $[\text{Na}^+(\text{NaCl})_n]$. Nótese que las estructuras cristalinas no son necesariamente las preferidas durante las primeras etapas del crecimiento de un sólido.

nado tamaño, su estructura se reconstruye, por lo que nos gustaría conocer la secuencia de estructuras que el cúmulo asume cuando evoluciona del átomo al cristal (Fig.1). Otra razón para estudiar cúmulos de átomos es que nos gustaría conocer cómo evoluciona la estructura electrónica de un sólido. Esto está representado en la Fig. 2, donde mostramos los niveles de energía de cúmulos de silicio (Si) como función del tamaño. Es interesante observar la manera en que los niveles discretos se juntan hasta formar bandas de energía y en qué momento aparece una brecha de energía entre los estados ocupados y los no ocupados. El tamaño de ésta brecha nos indica si un sólido es conductor (brecha igual a cero), semiconductor (brecha aproximadamente de 1 eV) o aislante (brecha de varios eV). En resumen, nos podemos preguntar: ¿cómo cambian las propiedades del cúmulo con su tamaño?: estructura, tensión superficial, presión de vapor, las propiedades catalíticas y magnéticas, la superconductividad, etc. Podemos contestar todas estas preguntas si estudiamos las propiedades características de agregados de átomos cuyo tamaño sea intermedio entre el del átomo y el de un cristal, de tal manera que sirvan de puente entre el comportamiento atómico y el del sólido. El interés en cúmulos de átomos ha crecido enormemente en los últimos años¹ debido a su importancia fundamental tanto en la física básica como en la aplicada. Aparte

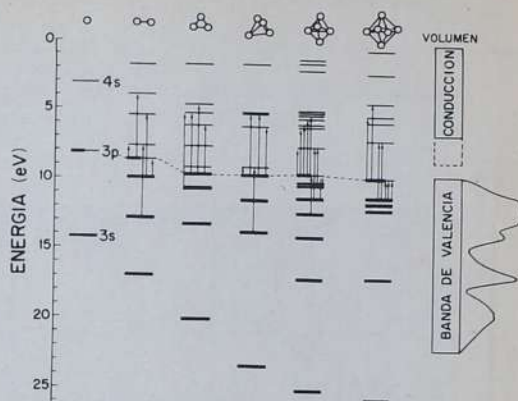


Figura 2. Niveles de energía electrónicos de cúmulos de Silicio.

de las preguntas fundamentales formuladas antes, los cúmulos de átomos tienen una gran variedad de aplicaciones prácticas: catálisis, fotografía, condensación, crecimiento de cristales, defectos en cristales, aerosoles, sistemas de grabación, etc. En particular, una aplicación muy antigua se da en los vitrales de algunas iglesias, donde su bello colorido es producido por las partículas pequeñas de oro y plata disueltas en los vidrios. Los artistas de aquella época aprovecharon el hecho, sin conocerlo, de que la frecuencia de plasma de una partícula metálica pequeña depende de su tamaño. Como la frecuencia de plasma de un sistema nos indica si la luz puede ser reflejada o si el sistema es transparente, las partículas metálicas disueltas en el vidrio, al ser éstas de diferente tamaño, inducen un cambio en el índice de refracción de la luz.

Producción de cúmulos

A continuación describimos algunas de las técnicas experimentales más utilizadas para la producción y el estudio de cúmulos.

Cúmulos producidos por expansión de gases

Es bastante conocido que cuando un gas se expande en el vacío a través de un orificio pequeño bajo una presión relativamente alta (1 bar), se conden-

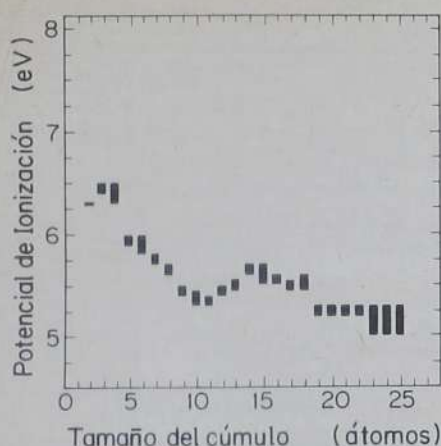


Figura 3. Potenciales de ionización de cúmulos de Fe como función del tamaño del cúmulo.

san cúmulos del gas enfriado. La distribución del tamaño de los cúmulos puede ser controlada variando los parámetros de la expansión. Una gran variedad de cúmulos de gas y de vapor han sido estudiados utilizando esta técnica:² hidrógeno, agua, sodio, gases inertes, sólo para mencionar algunos. Pueden formarse cúmulos de agua al expandir una mezcla de vapor de agua y argón a través de un orificio de 0.22 mm. El pico de resonancia correspondiente al cúmulo de agua de tamaño 21, $[H(H_2O)_{21}]^+$, es particularmente intenso en el espectro de masas. Esto indica su gran estabilidad.

Cúmulos producidos por bombardeo de iones

Si un haz intenso de iones de alta energía (5 KeV) es dirigido contra la superficie de un sólido (CsI), se expelen iones secundarios de la superficie que pueden ser detectados en un espectrómetro de masas. Esos iones secundarios están compuestos de moléculas simples y de cúmulos de átomos.³ En este caso el espectro de masas muestra que el pico correspondiente al cúmulo $(Cs_{14}I_{13})^+$ es particularmente intenso, lo cual da un indicio de su alta estabilidad. Tal es el caso también de cúmulos de NaCl y CuBr.

Materiales templados en gases inertes

La mayoría de los materiales cuando son calentados a muy alta temperatura (templados) en una at-

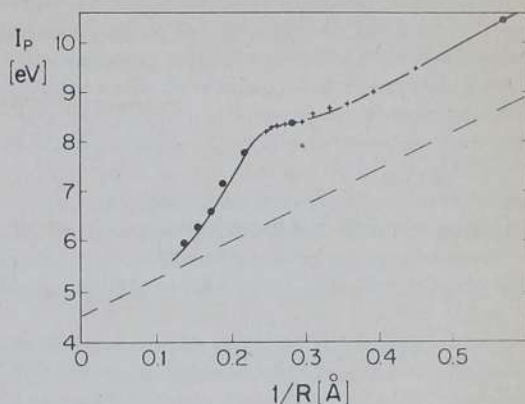


Figura 4. Energía de ionización de cúmulos de mercurio como función de $[1/R]$, donde R es el radio del cúmulo.

mósfera de gas inerte producen un humo denso compuesto de microcristales. El tamaño de los microcristales varía desde 10 hasta 100 $\text{\AA}$, dependiendo de las condiciones experimentales. Un estudio reciente de espectrometría de masas⁴ mostró que la técnica de evaporación en gases inertes produce no sólo microcristales sino también cúmulos de aproximadamente 100 átomos.

Cúmulos en evaporación por láser

Este método experimental es particularmente importante ya que cualquier material puede ser vaporizado, incluso el carbón. Este método utiliza un haz de láser dirigido para producir la evaporación.⁵

Estudios experimentales de cúmulos

Hoy en día, el problema interesante no es la producción de cúmulos, sino la realización de experimentos que nos den la máxima información en una gama amplia de tamaños. Por ejemplo, mediciones de la energía de fotoionización de cúmulos de Fe_n^6 nos muestran un comportamiento muy interesante como función del tamaño (Fig. 3). Claramente, los máximos y mínimos en la energía de ionización deben de estar asociados a la dependencia de la estructura electrónica en el tamaño del cúmulo, y por lo tanto deben de ser característicos

de la estructura geométrica. Este tipo de experimentos nos da una idea de cómo se pueden conocer estructuras geométricas de una manera indirecta. Esto es importante ya que para el estudio de todas las propiedades del cúmulo es necesario el conocimiento de esta estructura. Para el caso anteriormente expuesto se encontró,⁷ además de que la estructura más probable para Fe_n es la de tipo bcc (estructura cúbica centrada en el cuerpo, es decir, el átomo central está rodeado por 8 vecinos), una relación entre el potencial de ionización y la reactividad para $\text{Fe}_n + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe}_n\text{H}_2$, $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}$.

Otro ejemplo de este tipo de estudios son los resultados experimentales⁸ mostrados en la Fig.4 para la energía de ionización I_p de cúmulos de Hg_n como función de $1/R$, siendo R el radio del cúmulo que es proporcional a $n^{1/3}$. Para $n \geq 13$ ($R^{-1} < 0.2$) se puede observar un cambio cualitativo en la dependencia de I_p con el tamaño del cúmulo: I_n decrece mucho más rápidamente y converge a las predicciones de un comportamiento típico de un metal. Esto puede ser explicado⁹ si uno considera una transición de fase de aislador (cúmulos pequeños con $n \leq 13$) a metal ($n \geq 13$).

Las propiedades magnéticas de cúmulos de metales de transición 3d son un campo de considerable interés *per se* y porque juegan un papel muy importante en la determinación de un gran número de cantidades relevantes para aplicaciones tecnológicas como los sistemas de grabación (e.g., densidades de estados electrónicas, estructura, etc.). Uno puede encontrar materiales para sistemas de grabación en objetos cotidianos, a saber, cintas de audio y video, cintas y discos duros para computadoras. Un indicador de la importancia de éstos materiales es que el valle del silicio en E.U.A. está produciendo más sistemas de grabación que dispositivos de semiconductores. De aquí que el estudio de sistemas magnéticos que puedan almacenar una mayor información se ha convertido en tema de investigación en una gran cantidad de laboratorios científicos. Un sistema magnético que podría optimizar los requerimientos prácticos de grabación es el de los cúmulos de metales de transición. Esto se debe a que al utilizar cúmulos se puede almacenar una mayor información que la utilizada con películas delgadas; además tienen un momento magnético grande lo cual es crucial en el diseño de los

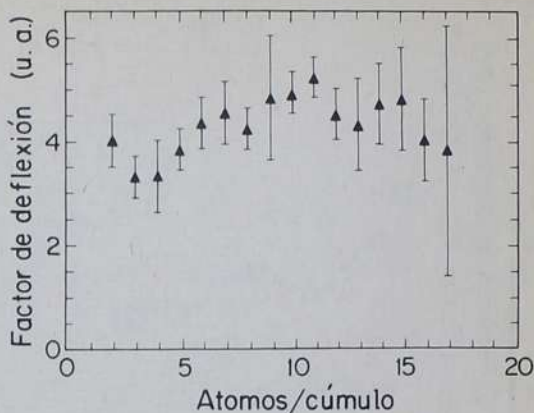


Figura 5. Factor de Deflexión D_n de cúmulos de Fe como función del tamaño del cúmulo. D_n es proporcional al momento magnético por átomo.

sistemas de grabación. Recientemente, Cox y colaboradores¹⁰ realizaron por primera vez experimentos de deflexión magnética (experimento tipo Stern-Gerlach) en cúmulos de Fe_n . Las mediciones del factor de deflexión, D_n , nos dan información acerca de la variación del momento magnético por átomo, μ_n , con el tamaño de cúmulo, el cual se espera que sea aproximadamente proporcional a D_n . La dependencia de D_n con respecto al tamaño del cúmulo se muestra en la Fig.5, donde se observan algunas variaciones de μ_n con respecto a n . Por ejemplo, μ_n parece tener un mínimo para $n = 3, 4$ y 13; y un máximo para $n = 11$ y 15. El comportamiento aparentemente oscilatorio de μ_n se debe a su fuerte dependencia con la separación entre los átomos y con la geometría del cúmulo.¹¹

Aspectos teóricos

La mayoría de los estudios teóricos sobre las propiedades físicas de los cúmulos han utilizado los llamados "métodos de primeros principios". Los más importantes son los llamados de química cuántica y el método funcional de la densidad. Los métodos de química cuántica obtienen información de un sistema a partir de una función de onda aproximada que minimiza el valor esperado de la energía. En los sistemas cuánticos la función de onda contiene toda la información que tenemos del sistema. Los métodos para obtener la función de onda apro-

ximada pueden ser, entre otros, el de Hartree-Fock o el de interacción de configuraciones. El primero es un método de campo medio y el segundo supone una configuración que se obtiene como una superposición de funciones de onda antisimétricas (que son las apropiadas para los electrones). En el método funcional de la densidad, todas las propiedades de un sistema electrónico son expresadas en términos de la densidad electrónica, la cual en principio puede ser obtenida de la función de onda exacta para todos los electrones. Ambos métodos han tenido éxito en cúmulos pequeños de metales simples (litio, sodio, potasio, aluminio,...). Sin embargo, el estudio de cúmulos más grandes requiere de un gran esfuerzo computacional y está limitado a sistemas con alta simetría. Estos problemas se vuelven más críticos para cúmulos de metales de transición, donde existe un número grande de electrones y donde no se justifica la aproximación local (cuando la energía de interacción de los electrones depende localmente de la densidad) utilizada en el método de funcional de la densidad. Por lo tanto, para estos sistemas es necesario desarrollar métodos aproximados más confiables, que nos faciliten el estudio de las propiedades de cúmulos grandes sin ninguna restricción de la geometría. La mayoría de las propiedades de los metales de transición son dominadas por los electrones-*d* debido a que son muy sensibles a cambios en el arreglo local de los átomos (la función de onda de los electrones-*d* está

muy localizada). Ya que para cúmulos pequeños el arreglo local de los átomos y la estructura varía sensiblemente con el tamaño del cúmulo, uno espera observar una amplia variedad de fenómenos para estos sistemas.

La teoría más apropiada para cúmulos grandes de metales de transición es la del método de amarre fuerte, el cual describe correctamente no sólo al átomo y al sólido, sino también los cambios en la estructura electrónica que resultan de los arreglos locales de los átomos.¹¹ Este método incluye las interacciones electrón-electrón en el mismo átomo (hamiltoniano de Hubbard¹²) y entre los diferentes átomos. Las ecuaciones que describen al sistema se resuelven en la aproximación no restringida de Hartree-Fock. Esta es una aproximación de campo medio donde los electrones son considerados como partículas independientes moviéndose en un campo efectivo generado por los otros electrones. Aquí, el magnetismo está bien descrito ya que la interacción de intercambio (responsable del magnetismo) se incluye en forma exacta. A partir de esta teoría se pueden obtener la mayoría de las propiedades de los cúmulos: energía de cohesión, longitud de enlace, estabilidad del cúmulo, magnetización, orden magnético, energía de ionización y estructura electrónica.



Conclusiones y perspectivas

Hoy en día se pueden producir en el laboratorio cúmulos de átomos de cualquier tamaño de cualquier elemento de la tabla periódica. Esto ha creado una nueva área de investigación para la obtención de nuevos materiales ya que los cúmulos no pueden ser considerados como moléculas grandes ni como sólidos. Los resultados experimentales nos revelan que la mayoría de sus propiedades son diferentes a los de la física del estado sólido. Entre las aplicaciones más promisorias podemos mencionar la de catálisis y la de magnetismo para sistemas de grabación. En lo que respecta a la catálisis el efecto de átomos extraños al cúmulo pueden afectar su geometría y su estabilidad y nos permitirán un mejor entendimiento de los mecanismos de quimisorción y catálisis.

En cuanto al magnetismo de sistemas de grabación, sería interesante estudiar aleaciones de metales de transición tales como $(\text{Fe}_x\text{Cr}_{1-x})_n$. La razón es que los cúmulos de cromo, Cr_n , tienen el momento magnético local más grande de estos sistemas; sin embargo, debido a que éstos están ordenados antiferromagnéticamente (antiparalelos), el momento magnético total del cúmulo es pequeño. Estudios preliminares¹³ de aleaciones de cúmulos de Fe_n y Cr_n muestran que el efecto del Fe es el de ordenar el cúmulo en su fase ferromagnética. Esto nos permitiría obtener materiales nuevos con un momento magnético mucho más grande que el de los materiales utilizados en la actualidad.

Falta mucho camino por recorrer en el estudio de las propiedades físicas de cúmulos de átomos. El estudio de sistemas finitos como éstos nos permitirá resolver problemas básicos en la física del estado sólido tales como la transición magnética itinerante-localizada, longitud de correlación de espines y exponentes críticos en las transiciones de fases.

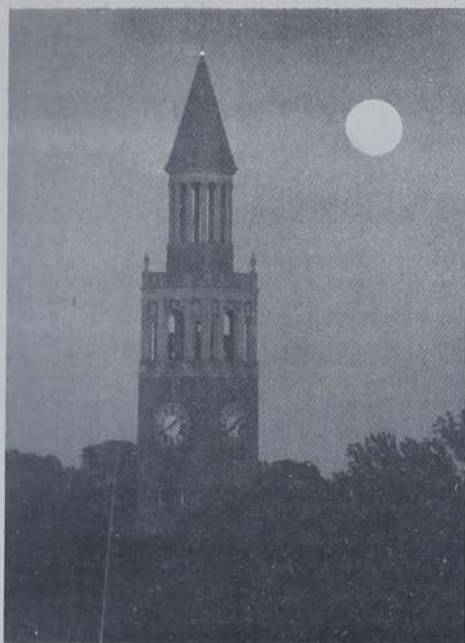
Referencias

1. "Physics and Chemistry of Small Clusters", NATO ASI Series B: Physics **158**, P. Jena, B.K. Rao, y S.N. Khanna (comps.), Plenum Press, Nueva York (1987); y *Proceedings of the 4th International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters*, Aix-en-Provence, Julio de 1988, M. Gillet (comp.), Z. Phys. D (1990).
2. E.W. Becker, K. Bier y W. Henkes, Z. Physik **146** 333 (1956); O.F. Hagen y W. Obert, J. Chem. Phys. **56** 1793 (1972).
3. T.M. Barlak, J.E. Campana, J.R. Wyatt y R.J. Colton, J. Chem. Phys. **87** 3441 (1983).
4. P. Pfau, K. Sattler, J. Mühlbach, R. Pflaum y E. Recknagel, J. Phys. F: Met. Phys. **12** 2131 (1982).
5. E.A. Rholing, D.M. Cox y A. Kaldor, J. Chem. Phys. **8** 3322 (1984).
6. E.A. Rholing, D.M. Cox, A. Kaldor y K.H. Johnson, J. Chem. Phys. **81** 3846 (1984).
7. G.M. Pastor, J. Dorantes-Dávila y K.H. Bennemann, Chem. Phys. Lett. **148** 459 (1988).
8. K. Rademann, B. Kaiser, U. Even, y F. Hensel, Phys. Rev. Lett. **59** 2319 (1987).
9. G.M. Pastor, P. Stampfli y K.H. Bennemann, Europhys. Lett. **7** 419 (1988).
10. D.M. Cox, D.J. Trevor, R.L. Whetten, E.A. Rholing y A. Kaldor, Phys. Rev. B **32** 7290 (1985).
11. G.M. Pastor, J. Dorantes-Dávila y K.H. Bennemann, Phys. Rev. B **40** 7642 (1989).
12. J. Hubbard, Proc. Roy. Soc. London, Ser. A **276** 238 (1963).
13. J. Dorantes-Dávila, Phys. Rev. B, en prensa.



Avances de Ciencia y Tecnología

El Parque del Triángulo de la Investigación



Rosalinda Contreras

Tuve la oportunidad de visitar el parque del triángulo de la investigación en ocasión de una invitación para participar en una reunión académica sobre la química del boro, promovida y financiada parcialmente por la American Chemical Society y la industria americana del boro. Cuando el avión se acercaba al aeropuerto de Durham, en Carolina del Norte, pude ver una área boscosa interrumpida a veces por pequeños edificios y dividido por espaciosas carreteras. La que sale del aeropuerto transita por jardines naturales y bosques húmedos, cuyo paisaje me recordó la selva negra. De vez en cuando aparecía entre aquella naturaleza algún edificio moderno y hermético, o jardines y senderos entre

los árboles para corredores o paseantes, pero nunca cañerías, cables o postes. El recorrido turístico por la región me permitió conocer las universidades y pequeñas poblaciones que forman el triángulo de la investigación.

La Universidad de Chapel Hill, con sus edificios antiguos entreverados por enormes árboles de magnolia, dio lugar a una pequeña población donde las residencias de los académicos se encuentran dispersas entre los árboles que rodean a la institución. La Universidad de Durham destaca también por sus elegantes edificios, que dan una atmósfera inglesa, rematada por la cercanía de agradables jardines.

Por su parte, la capital del estado, Raleigh es una típica población sureña que recuerda el ambiente de la película "Lo que el viento se llevó". Al

La Dra. Rosalinda Contreras es profesora titular del Departamento de Química del CINVESTAV. Su campo de investigación es la química de los compuestos orgánicos del boro y del fósforo.

venirse abajo la industria de los cigarrillos, los laboratorios, antaño dedicados a investigaciones sobre el tabaco, han sido cedidos a empresas farmacéuticas. Todo esto contrasta en forma notable con las instalaciones industriales en el corazón del bosque, que parecen emerger de una historia de ciencia ficción y donde no es posible penetrar fácilmente debido a las medidas de seguridad industrial contra el robo de tecnología de avanzada.

La historia del triángulo puede resumirse así. En los años cincuentas, hombres de negocio avanzados y líderes universitarios llegaron a la conclusión de que la industria del futuro era la investigación científica. Planearon la manera cómo las universidades vecinas podrían reforzarse unas a otras e intuyeron que el desarrollo económico ocurriría naturalmente donde la investigación universitaria tiene lugar.

El concepto del parque tecnológico fue propuesto por el jefe del departamento de sociología de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill y por Romeo H. Guest presidente de una compañía constructora, a fin de promover el área comprendida por la Universidad de Duke, en Durham, la Universidad de Carolina del norte, en Chapel Hill y la Universidad estatal de Carolina del Norte, en Raleigh. El gobernador Luther H. Hodges, fascinado por el potencial del triángulo ofreció un apoyo ilimitado y estableció un comité, crucial para el desarrollo del parque, integrado por líderes gubernamentales, académicos e industriales.

En el parque se formó una organización de investigación independiente, propiedad de las tres universidades y dirigida por ellas, que se conoce como Instituto del Triángulo de la investigación, el cual permite manejar contratos de investigación no lucrativos y sirve de corazón al parque. Hacia 1957, el triángulo aún no había sido desarrollado como se esperaba, de manera que Archie K. Davies empezó una campaña de recolección de fondos que le dio un nuevo impulso. En 1959, el instituto empezó su primera investigación por contrato. En 1965, el presidente Kennedy anunció que en el parque se establecería el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud del Medio Ambiente. En el mismo año, la IBM se trasladó allí. Su computadora gigantesca ocupaba un espacio equivalente a

la tercera parte de los edificios del parque, y los nuevos empleados duplicaban la fuerza de trabajo del mismo. Una a una fueron llegando las industrias que en cascada atraían a nuevos clientes; por ejemplo, el establecimiento del centro de microelectrónica ayudó a atraer a la corporación para la investigación en semiconductores de la General Electric, la industria electrónica Dupont y otras firmas modernas de electrónica. Después de ellas se establecieron otras muchas subsidiarias de industrias electrónicas. La planta de fibras óptica Sumitomo siguió el ejemplo. La industria farmacéutica quedó bien representada en el área con el centro de biotecnología Ciba Geigy; la industria de productos agrícolas con la BASF y la compañía Glaxo y Burroughs Welcome.

Cerca de 500 compañías se han agregado a la lista y sus actividades son tan diversas que protegen al parque del efecto de una recesión. Las ganancias de los contratos del Instituto del Triángulo se incrementan y el parque es capaz no sólo de dar empleo a los graduados de sus universidades, evitando la fuga de cerebros, sino que han empezado la atracción de otros investigadores. La región está orgullosa de tener la mayor concentración de doctores per cápita del país y confiesa abiertamente que la mayor industria del triángulo es la educación. El gobernador Hodges escribió que el concepto del parque abarcaba el matrimonio de los ideales de Carolina del Norte de la educación superior con los deseos de un progreso material.

La inversión del parque pasa de los dos billones de dólares, tiene 27,000 empleados en 54 compañías grandes que ganan un billón de dólares por año. El ingreso per cápita en la región es de 13,204 dólares para una población de poco más de 600,000 habitantes, en una área de cerca de 4000 hectáreas.

El taller sobre la química del boro transcurrió en el interior del hotel Sheraton Imperial; los científicos fuimos atendidos con esmero y aprecio, como grandes personajes. Había olvidado la sensación de que la ciencia es importante en algunos países.

En el avión de regreso suspiraba y quería imaginar que los dirigentes de mi país también podrían estar inspirados en la ciencia.

Perspectivas

Ciencia y actitudes científicas

Sobre Apolonio, Kepler y Einstein, Newton y Shakespeare, Vírgenes y la Sra. Pelham



S. Chandrasekhar

Uno de los asuntos a los que he dedicado parte de mis reflexiones en los últimos años se refiere a los motivos que tenemos para dedicarnos a la ciencia; y algunas de ellas se encuentran en la recopilación de mis conferencias que bajo el título *Verdad y belleza: La estética y las motivaciones en la ciencia* publicó en 1987 la U. de Chicago. En el presente

ensayo quisiera considerar algunas cuestiones afines: (1) el aspecto de la naturaleza que hasta cierto punto es el más incomprensible; (2) los objetivos que uno se esfuerza por conseguir en la búsqueda de conocimiento; y finalmente (3) las fuentes de satisfacción en dicha búsqueda.

Aunque estas cuestiones puedan parecer inconexas, se verá en las próximas líneas que en realidad tienen similitudes, si bien sólo de manera tangencial.

En el contexto del primero de los temas que he enunciado, he de examinar la siguiente sentencia de Einstein:

S. Chandrasekhar es profesor del Laboratorio para la Investigación en Astrofísica de la Universidad de Chicago, EUA. En 1983 recibió el Premio Nobel en física por sus contribuciones al estudio de los procesos que determinan la estructura y evolución de las estrellas. Este artículo está basado en una conferencia impartida en la Universidad de Roorkee, India, y publicado en *Nature* 344, 285 (1990). (Traducción de Carlos Chimal.)

El hecho más incomprensible acerca de la naturaleza es que es comprensible.

Esta oración expresa una profunda verdad y reaparece en los textos de otro gran hombre de ciencia. Así, Eugene Wigner ha escrito de los dos milagros: "el milagro de la existencia de la leyes de la naturaleza y el milagro de la capacidad de la mente humana para divinizarlas"; también ha escrito sobre "la irracional eficacia de las matemáticas en la comprensión de la naturaleza". Y Schrödinger considera que esta capacidad de la mente humana de divinizar las leyes de la naturaleza muy bien podría estar más allá de la comprensión humana.

Permítaseme extenderme en estas dos aseveraciones con dos ejemplos ilustrativos.

Las curvas geométricas, su belleza y formas, fascinaron a los griegos; se hallan envueltas en sus esculturas y arquitectura. La línea recta y el círculo dominan a Euclides; y la perfección del círculo era sagrada: precede a la concepción de Aristóteles de los cuerpos celestiales y proporciona la base de la astronomía griega, desde Eudoxo hasta Ptolomeo. Pero los griegos no limitaron sus estudios a las líneas rectas y a las curvas. Buscaron curvas que comprendieran las propiedades geométricas de las rectas y los círculos en una síntesis más bella y armoniosa; y descubrieron esta armonía en las curvas obtenidas como secciones de un cono: la elipse y la hipérbola. Su curiosidad con respecto a estas curvas no estaba motivada por ningún hecho físico del que ellos se hubiesen percatado. Y, no obstante, en la segunda mitad de siglo III antes de nuestra era, Apolonio de Perga escribió ocho volúmenes monumentales dedicados a dichas curvas. El es elocuente cuando se refiere a sus propiedades geométricas; las describe como un milagro, pero no se le ocurrió, ni a ningún otro de los matemáticos griegos, que las curvas, que estudiaban tan intensamente por su belleza intrínseca, tuvieran algún significado para el mundo físico real.

Sin embargo, unos dieciocho siglos más tarde, cuando Kepler analizaba las órbitas de los planetas en el sistema copernicano, descubrió que las mismas curvas que los matemáticos griegos habían estudiado por su belleza matemática intrínseca eran precisamente los que se necesitaban para repre-



Kepler, en su ley de las áreas (el radiovector describe áreas iguales en intervalos de tiempo iguales) dice: "Puesto que me había percatado de que existe un número infinito de puntos en la órbita y, en consecuencia, un número infinito de distancias (desde el Sol), deduje que la suma de estas distancias se halla contenida en el área de la órbita. Pues recordaba yo que también Arquímedes dividía de igual manera el área de un círculo en un número infinito de triángulos".

sentar las órbitas de los planetas. Al observar este descubrimiento de Kepler, Einstein escribió:

Nuestra admiración por Kepler sólo es superada por nuestra admiración y veneración hacia la misteriosa armonía de la Naturaleza, en la que nos encontramos a nosotros mismos. Ya en la antigüedad el hombre había inventado curvas que muestran las formas más simples de la simetría. Entre ellas, junto a la recta y la curva, las más importantes eran la elipse y la hipérbola. Sabemos que las dos últimas se hallan materializadas-o al menos representadas con gran similitud-en los cuerpos celestes.

Einstein continúa:

Me parece que la mente humana tiene primero que construir formas, de manera independiente, antes de que pueda encontrarlas en las cosas. El maravilloso logro de Kepler es un ejemplo particularmente bello de que el conocimiento no puede surgir de la experiencia aislada, sino sólo de una comparación de las invenciones del intelecto con los hechos observables.

Repetiré la parte esencial de esta memorable observación: "La mente humana tiene primero que construir formas, de manera independiente, antes de que pueda encontrarlas en las cosas".

Me gustaría ilustrar este mismo aspecto en el propio desarrollo de Einstein de su teoría general de la relatividad, la cual ha sido calificada como "el máximo ejemplo del pensamiento especulativo".

Hace más de 130 años en una famosa conferencia, Bernhard Riemann, al analizar los fundamentos de la geometría, llegó a la conclusión de que el espacio no es un grupo numeroso de puntos apretados, sino una gran cantidad de distancias entrelazadas; y posteriormente, que estas propiedades métricas del espacio se hallan vinculadas en forma causal a su materia-contenido. Dice:

Por ende, o la realidad en la que nuestro espacio se basa debe formar un discontinuo múltiple, o bien la razón de las relaciones métricas debe buscarse, externamente, en las fuerzas de cohesión que actúan sobre ella.

Con este concepto del probable papel de la geometría en la descripción del mundo físico, Riemann desarrolló un sistema geométrico más general que el de Euclides, un sistema que es conocido como la geometría riemanniana.

Alrededor de 16 años después, Einstein dedicó todas sus energías a tratar de comprender un milagro que subyace en la teoría newtoniana de la gravedad y una inconsistencia que él observó en dicha teoría. El milagro es que en un campo gravitacional todos los cuerpos se hallan acelerados por igual, como quedó de manifiesto en la famosa demostración que Galileo llevó a cabo en la torre inclinada de Pisa. Se requiere que la masa inercial y el peso sean idénticos, un hecho enigmático bien establecido pero que no se comprendía en su totalidad antes de Einstein. Y la inconsistencia que Einstein percibió es que Newton postulaba que la acción de la gravedad a cierta distancia es instantánea, a diferencia de la prohibición del propio Einstein, según la cual ninguna señal puede propagarse con una velocidad superior a la de la luz. Al resolver esta paradoja, Einstein encontró que la geometría de Riemann le ofrecía un marco idealmente elaborado para desarrollar su teoría general de la relatividad; algo no muy alejado de Kepler, quien descubrió en la obra de Apolonio el marco para comprender el movimiento planetario.

Y la teoría de Einstein, desarrollada sobre lo que a los ojos de sus contemporáneos les parecía una base demasiado pobre para encontrar una teoría física, ha revelado una riqueza de contenido que sigue deslumbrando la imaginación.

Una vez aceptada nuestra "incapacidad" de comprender la "racionalidad" de la Naturaleza, ¿qué debemos entender por la frase "la búsqueda del conocimiento" cuando se aplica a la ciencia?

"Búsqueda" significa por lo común un acto persecutorio; y, característico de nuestra época, también nos es familiar esta palabra en la combinación "búsqueda-aeroplano". ¿Es esta la asociación que se pretende al pronunciar la palabra "búsqueda"? Y si es así, debemos concluir que el conocimiento, como la zorra en una cacería o el avión enemigo en una encarnizada persecución, es algo cuya existencia conocemos por anticipado y nuestra búsqueda se dirige hacia él. Desde luego, algunos aspectos de lo que llamamos conocimiento están incluidos en esta categoría. Así, desenterrar los restos fósiles de las creaturas del pasado remoto, o los vestigios de civilizaciones perdidas, escalar las más altas cúspides, o sondear los océanos más profundos son todas grandes empresas a las que aspira el ser humano.

Pero, con todo, podríamos preguntarnos: ¿es entonces el conocimiento algo que buscamos conseguir con el mismo espíritu que el montañista anhela ascender al Everest "porque está allí"? Si este es el caso, ¿qué debemos entender cuando se nos dice que la investigación es una búsqueda de lo desconocido, cuyo objeto es levantar mapas de territorios cuya existencia quizá ni siquiera habíamos percibido cuando dimos comienzo? Kepler no sabía, cuando inició su largo y arduo análisis de siglos de observaciones acumuladas sobre el movimiento de los planetas, que sumergidas en esa masa de detalles se hallaban las sencillas leyes que habría de descubrir. Tampoco Newton sabía, antes de que reparara en la caída de una manzana, que las leyes de Kepler podían ser comprendidas de manera tan simple en función de sus leyes del movimiento y de la gravedad.

Tal vez se me acuse de sofista. Pues, a decir verdad, debería decir que en la búsqueda del co-

nocimiento científico-si se me perdona esta combinación de palabras-en tanto que uno no se dirija hacia algo material y concreto, debe buscar prolongar ese orden y esa armonía que son los signos indelebles de la naturaleza. De hecho, para un científico el orden, la armonía, la uniformidad y la universalidad de las leyes de la naturaleza son tan reales como la cima del Everest lo es para el montañista. Y lo mismo es válido para otras áreas del conocimiento abstracto.

Pero, ¿es que todo lo que se halla frente a nosotros es algo que debemos buscar conocerlo? ¿Debemos, por ejemplo, interesarnos por cuantificar el nuevo conocimiento por el grado en que los demás pueden compartirlo y otros más puedan emplearlo para deleite de los humanos o para su bienestar? Y si ese es nuestro interés, ¿qué valor asignamos al refinamiento de nuestra propia percepción y al ensanchamiento de nuestra visión? ¿No hay un contenido real para las célebres líneas que Wordsworth escribiera sobre Newton?:

La señal marmórea de una mente eterna
Que viaja a través de los mares ignotos del Pensamiento puro.

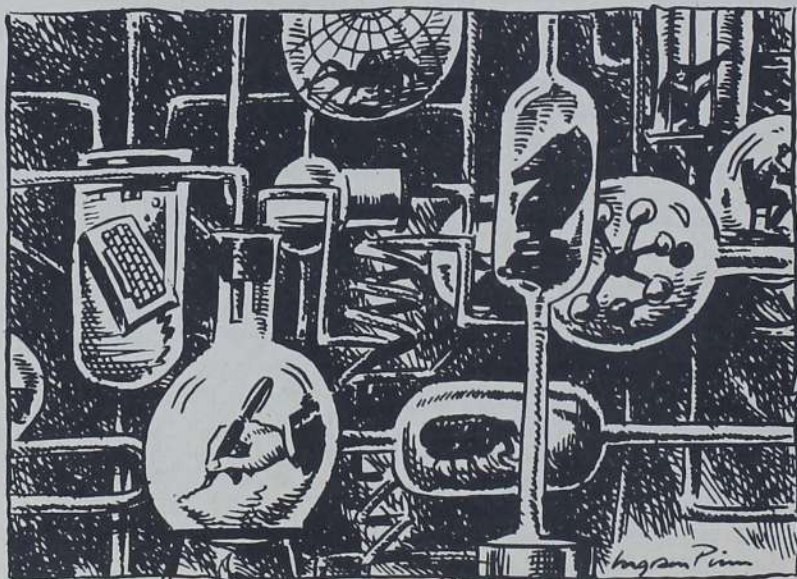
En efecto, hay abundantes pruebas de que los más grandes artistas, en el culmen de su madurez, se apartaron en sí mismos. He aquí, por ejemplo, el

comentario de T.S. Eliot sobre las obras tardías de Shakespeare.

Me parece que responde a cierta ley de la naturaleza el que la obra de un hombre como Shakespeare, cuyo desarrollo en el curso de su trayectoria fue tan sorprendente, deba alcanzar, como en Hamlet, el punto en el que pueda tocar la imaginación y el sentimiento del máximo número posible de personas a la mayor profundidad posible y que, de allí en adelante, como un cometa que se ha aproximado a la tierra y continuado su camino, deba paulatinamente apartarse de nuestra vista hasta que desaparezca en su propio misterio.

Lo que T.S. Eliot ha dicho de Shakespeare se aplica asimismo a Beethoven. En sus últimas composiciones y en particular en sus últimos cuartetos, Beethoven se hallaba verdaderamente "viajando a través de los mares ignotos del Pensamiento puro"... viajando, sin duda, para ampliar su visión íntima.

Este intento de los grandes hombres por ensanchar su visión particular se halla también manifestado, me parece, en el estilo indirecto, estratificado y frío de los *Principia* de Newton. Lo perdurable de los *Principia* radica tanto en la visión de Newton del universo como en la sobresaliente



calidad de sus descubrimientos que esta obra resume y organiza.

Y, finalmente, quisiera referirme a los orígenes de la satisfacción cuando uno emprende una tarea académica.

Tal vez primero deba excluir, *ex cátedra*, que las recompensas de la vida académica estén hechas de celebridad y honores públicos. Los supremos maestros de Castalia, en la obra de Hermann Hesse *Juego de avalorios*, habían aprendido a renunciar a tales favores. Supongo que al final uno debe renunciar a ellos; o al menos me parece que debemos buscar trascenderlos. Pero el asunto no es tan simple como esto. Ninguno de nosotros es lo suficientemente inmune a la susceptibilidad humana como para pasar por alto la aprobación de los colegas a los que respetamos. Y estoy seguro que todos esperamos, cada uno a su manera, que la posteridad nos otorgará nuestro debido y humilde sitio con tal de que persistamos hasta los límites de nuestras capacidades.

Sin embargo, la posteridad puede ser cruel. He aquí, por ejemplo, la crítica de John Euskin al pintor inglés Sir Joshua Reynolds:

¿Por qué Sir Joshua no pintó —o no pudo o no quiso— vírgenes?... ¡Ah!, si bien reconocemos la discreción, sencillez y cordialidad de estos hombres... tenemos que recordar... que la afable discreción no es la más alta virtud, no para estar dispuesto al frívolo y más grande de los éxitos... Hay probablemente cierta extraña debilidad en el pintor, y cierto error fatal en la época, pues cuando pensamos en sus obras más importantes, en alguna clase de extrema hermosura o veracidad, no recordamos ninguna expresión religiosa o heroica, y en lugar de mencionar con todo respeto una virgen de San Sisto, sólo podemos susurrar modestamente "La Sra. Pelham alimentando pollos".

Si uno reconoce que nunca podrá llegar a pintar una virgen, ¿cuáles son, entonces, las satisfacciones y recompensas? Supongo que debemos encontrarlas en aquellos breves momentos de repentina inspiración que vienen a nosotros de vez en cuando. Quizá nunca lleguemos a pintar vírgenes. Pero, al capturar en el lienzo las líneas ásperas del rostro de la Sra. Pelham, labrado por los avatares de la vida, quizá el pintor haya intuido profun-

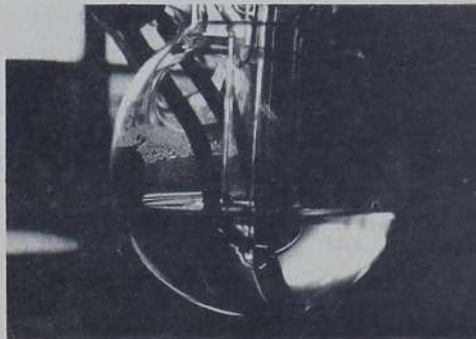
damente la triste condición humana que pudiera haber alimentado toda su existencia. Y así es en otros senderos de la creación.

Aunque uno llegue a admitir que los escasos momentos de iluminación que uno experimenta en el transcurso de la vida son las recompensas más valiosas, aún surgen dudas; pues uno podría preguntarse: ¿nos hallamos condenados a vivir sólo en el recuerdo de nuestros destellos del pasado? La respuesta, me parece, es que si uno no quiere estar condenado, debe buscar en el refinamiento y expansión de la propia percepción una fuente de contemplación en la quietud. En otras palabras, "viajar a través de los mares ignotos del Pensamiento puro". Pero incluso esto no siempre sea posible, como Hermann Hesse lo describe con tanta intensidad en su retrato de Joseph Knecht, en el *Juego de avalorios*.

Este maravilloso relato nos cuenta la historia de un hombre que en su juventud aspiraba a los ideales de Castalia y quien, con el tiempo, se convertiría en el supremo maestro Ludi. Pero al final, sumido en profundas dudas, renuncia a su cargo, se exilia de Castalia y muere ahogado en forma accidental en un lago de Suiza.

Responderé a la pregunta de por qué, conscientes de las inherentes y a menudo insuperables limitaciones no obstante nos dedicamos a la investigación, en una vida de constante esfuerzo, frecuentes descabros y pocas recompensas, con las líneas que T.S. Eliot plasmó en "El clérigo confidente":

¿Es extraño, no es así,
Que un hombre deba poseer una pasión devoradora
Por algo para lo cual no tiene la capacidad?





noticias del centro

Se integran las comisiones dictaminadoras del SNI 1990-1992.

De acuerdo con la convocatoria del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) correspondiente al presente año, se integraron las comisiones dictaminadoras para el período 1990-1992. De los 36 investigadores nombrados en estas comisiones para las cuatro áreas en que está dividido el SNI, 6 de ellos son profesores del CINVESTAV. A continuación se citan los miembros de cada comisión, confirmados y de nuevo ingreso, incluyendo su institución de adscripción y su especialidad.

Area I (Ciencias físico-matemáticas). Miembros confirmados: Julio Rubio Oca, preside (UAM-I, física del estado sólido); Arcadio Poveda Ricalde (IA-UNAM, astronomía); Silvia Bulbulian Garabedian (ININ, física de radiaciones); Jorge Ojeda Castañeda (INAOE, óptica). Nuevos miembros: Jorge Flores Valdés (IF-UNAM, física de sólidos y sistemas desordenados); Luis Felipe Rodríguez Jorge (IA-UNAM, astronomía); Luis Gorostiza Ortega (CINVESTAV, probabilidad y procesos estocásticos); Leopoldo García-Colín (UAM-I, fisicoquímica); José Luis Morán López (IF-UASLP, física del estado sólido).

Area II (Ciencias biológicas, biomédicas y químicas). Miembros confirmados: Gonzalo Halffter Salas, preside (Inst. de Ecología, ecología); René Raúl Drucker Colín (IFC-UNAM, neurofisiología); Alfonso Escobar Isquierdo (IIB-UNAM, medicina); Gastón Guzmán Huerta (INIRB, medicina). Nuevos miembros: Enrique Hong Chong (CINVESTAV, farmacología); Armando Gómez Puyou (IFC-UNAM, bioquímica); Gregorio Pérez Palacios (INN, endocrinología); Marcelino Cerejido Mattioli (CINVESTAV, fisiología); Pedro Joseph Nathan (CINVESTAV, química).

Area III (Ciencias sociales y humanidades). Miembros confirmados: Francisco Alba Hernández, preside (COLMEX, ciencia política); Antonio Gómez Robledo (IIF-UNAM, derecho y jurisprudencia); Andrés Lira González (COLMICH, historia); Guillermo Margadant Spanjaardt (FD-UNAM, derecho y jurisprudencia); Mario Ojeda Gómez (COLMEX, antropología). Nuevos miembros: Larissa Adler Milstein (IIMAS-UNAM, antropología); Luis Villoro Toranzo (IIF-UNAM, filosofía); José Moreno de Alba (IIF-UNAM, literatura y filosofía); Ma. Teresa Gutiérrez de MacGregor (IG-UNAM, geografía).

Area IV (Ingeniería y tecnología). Miembros confirmados: Héctor O. Nava Jaimes, preside (CINVESTAV, metrología); Rodolfo Quintero Ramírez (CIGB-UNAM, biotecnología); Antonio Turrent Fer-

Notas Breves



Según cifras publicadas a raíz de la primera reunión de jefes de agencias latino americanas de ciencia y tecnología, celebrada en Sao Paulo, Brasil, en febrero de 1990 (*Nature* 344, 4 (1990)), Latinoamérica tiene el 8.33% de la población mundial, pero sólo el 2.5% de ingenieros y científicos, el 1.8% del financiamiento dado a la investigación y el desarrollo y el 1.3% de los autores de artículos científicos. Con estas cifras no debe sorprendernos entonces que la participación de Latinoamérica en el mercado mundial de exportaciones haya caído del 7.7% en 1960 al 3.9% en 1989.



nández (INIFAP, agronomía). Nuevos miembros: José Ruiz de la Herrán (CI-UNAM, instrumentación); Daniel Reséndiz Nuñez (FI-UNAM, ingeniería mecánica); Armando Manjarrez Moreno (IMP, química); Rigoberto García Cantú (CINVESTAV, metrología); Leobardo Jiménez Sánchez (CP-UCH, agronomía).

María Eugenia Hidalgo Lara obtuvo el 4o. Premio Lola e Igo Fleisser-Puis.



La M. en C. María Eugenia Hidalgo Lara, estudiante del programa de doctorado del Departamento de Genética y Biología Celular del CINVESTAV, obtuvo el 4o. Premio Lola e Igo Fleisser-Puis, el cual se otorga anualmente a un trabajo de investigación en el área de la parasitología. En esta ocasión el trabajo premiado se titula "Secreción de enzimas proteolíticas y virulencia en *entamoeba histolytica*" y fue el tema de tesis de maestría de la M. en C. Eugenia Hidalgo Lara. Su directora de tesis es la Dra. Esther Orozco, profesora titular del mismo Departamento de Genética y Biología Celular.

La tercera edición de este premio, correspondiente a 1989, fue otorgado también a una estudiante de la Dra. Orozco, la ahora Dra. Rossana Arroyo Verástegui que realiza una estancia posdoctoral en la Universidad de Texas en San Antonio.

El Dr. Octavio Paredes López, Profesor Titular del laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Unidad Irapuato, ha sido nombrado editor asociado de la revista *Plant Food for Human Nutrition*. El Dr. Paredes López desempeñará esta actividad en coordinación con la Profesora C.V. Kies, del Departamento de Ciencia de Alimentos de la Universidad de Nebraska en Lincoln, EUA.

El Dr. José Luis Morán López, investigador del Instituto de Física de la UASLP, recibió el Premio Raman 1989 otorgado por el Centro Internacional de Física Teórica de Trieste, Italia. Este premio se otorga por primera vez y se concede a investigadores destacados en la especialidad de la física del estado sólido que hayan realizado su trabajo de investigación en un país en vías de desarrollo. El premio lleva el nombre del físico hindú Chandrasekhar V. Raman, quien recibiera el Premio Nobel de Física en 1930 por sus estudios sobre la estructura de los sólidos. El Dr. Morán López es egresado del Departamento de Física del CINVESTAV y formó parte de su planta de profesores entre 1980 y 1986. Recibió este premio por sus contribuciones al estudio de las propiedades electrónicas y magnéticas de superficies y sólidos y las propiedades de superconductores.



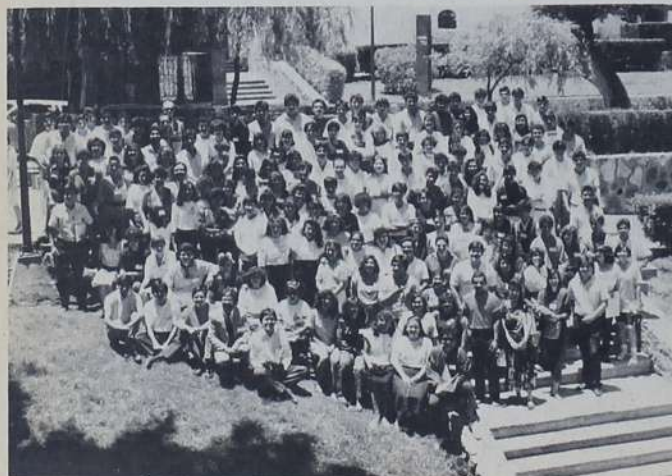
Emilia Ferreiro recibió un donativo de la Fundación Kellogg

La Fundación W.K. Kellogg de los EUA otorgó un donativo de \$486,500 dólares a la Dra. Emilia Ferreiro, profesora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, para desarrollar el proyecto "Red latinoamericana para el desarrollo de una concepción integral de la alfabetización". Se estima que este proyecto tomará tres años en ser implementado e involucra varios tipos de acciones en México, Brasil y Argentina. En nuestro país se colaborará con el Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) para conocer más adecuadamente los procesos de alfabetización de niños en poblaciones rurales muy aisladas y para apoyar la implementación de los nuevos materiales didácticos fueron elaborados en el mismo Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav.

Aprovechando los múltiples contactos profesionales de la Dra. Ferreiro en Argentina y Brasil, se intentará constituir una red latinoamericana que conduzca a superar la situación crónica de fracaso escolar inicial en el área de la alfabetización. Este apoyo se otorgó precisamente en 1990, que ha sido declarado por la UNESCO como el Año Internacional de la Alfabetización.

Escuela de Primavera de Química CINVESTAV 1990

Es innegable que las ciencias pasan por una aguda crisis en nuestro país y es lamentable también que la química sea una de las grandes olvidadas. Este país tiene una ciencia química muy pequeña y por tanto una industria pobre y deficiente. En un medio social y gubernamental donde hay una incomprensión generalizada de la impor-



El Dr. Charles Kessler, de la Dirección de la Comisión de las Comunidades Europeas, visitó las instalaciones del CINVESTAV el pasado mes de julio. Durante esta visita se analizó el estado de los proyectos de investigación del CINVESTAV apoyados por las Comunidades Europeas. Se tienen sus proyectos de este tipo, los cuales están dirigidos por los siguientes profesores: **Dra. Dalila Aldama** (U. Mérida), **Dr. Octavio Paredes** (U. Irapuato), **Dr. Alejandro Blanco** (U. Irapuato), **Dr. Rafael Herrera Estrella** (U. Irapuato), **Dr. Eusebio Juaristi** (Depto. de Química), y **Dra. Olivia Rojas** (Depto. de Física). Además, las Comunidades Europeas están apoyando estancias sabáticas, posdoctorales y de estudio de los siguientes investigadores: **Dr. Jorge Cerbón** (Bioquímica, Francia); **Dra. Ma. Isabel Mourelle** (Farmacología, Inglaterra); **Dr. Juan Nieto Frausto** (Física, RFA); **Dr. Gabriel Guarneros** (Genética, Francia); **Dra. Patricia Muñoz Sevilla** (U. Mérida, Inglaterra); **Dr. Carlos Villalón** (Terapéutica experimental, RFA); **M.en C. Guillermo Flores** (Biología Celular, Inglaterra).



tancia del cultivo de las ciencias, de la cultura científica, de la formación de científicos que promuevan el desarrollo de México, es muy alentador encontrar todavía un gran espíritu e interés por cambiar las cosas.

Una prueba de ello es el pequeño y muy bien avenido grupo de profesores del Departamento de Química del CINVESTAV, que reunió a una buena parte de los mejores estudiantes de química del país en un agradable *tête-a-tête* durante la escuela de primavera Química CINVESTAV-1990 en el centro vacacional "La Trinidad" de Tlaxcala. El departamento tiene una planta de profesores excelentes, jóvenes, con dinamismo y entusiasmo; temas de investigación modernos y exitosos, un gran amor por su profesión y su país, y la posibilidad de recibir en sus grupos de investigación a un mayor número de estudiantes. Por otro lado, existen en todo México estudiantes talentosos e inquietos que no han recibido la suficiente información de cómo encauzar sus energías para obtener un mayor desarrollo. La falta de comunicación y de información pierde a veces vocaciones extraordinarias.

El encuentro entre estos dos grupos de químicos fue absolutamente motivante para ambos. Rara vez puede un conferencista dirigirse a un grupo de cerca de doscientos estudiantes inquietos e inteligentes, verse rodeado como estrella de rock; sentir que lo que ha dicho ha tenido un impacto en el oyente y que hay alguien a quien enseñar y guiar. Por otro lado, rara vez un estudiante puede oír una sucesión de conferencias sobre temas modernos, resultados científicos recientes, muchos de ellos de la semana anterior, departir con científicos jóvenes interesados en él, oír hablar de la importancia del posgrado y de la posibilidad de continuar sus estudios. Para completar el cuadro, algunos de los estudiantes del posgrado del Departamento de Química participaron en la reunión haciendo un magnífico puente entre las dos generaciones y sintiéndose útiles e integrantes de la misma comunidad.

El programa, bastante apretado, no fue desatendido por nadie. Durante el día, cada profesor del departamento presentó una conferencia de orientación o divulgación, donde se escucharon prácticamente todos los temas del departamento. Dos conferencias plenarias, una sobre el futuro de la química y otra sobre la validez del posgrado complementaron la temática. Hubo tiempo para cuatro cursos cortos y en las noches, a pesar del cansancio, estudiantes y profesores se sentaron alrededor de una mesa para discutir todas las inquietudes de los estudiantes; un intercambio similar ocurrió con los estudiantes del posgrado que sirvió para animar más a los futuros químicos. Porras, camisetas y una convivencia estimulante son el principio de una batalla que el departamento desea librar contra la depresión, el desánimo y la rendición.

(Rosalinda Contreras)



Graduados entre abril y junio de 1990

Claudine Cecile Levy Amselle. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Educación. 25 de abril. El saber técnico en las escuelas agropecuarias. Asesor: Dr. Eduard Johan Weiss Horz. Se integró a la planta de profesores del Liceo-Franco-Mexicano, A.C.

Silvia Graciela Camean Gorrias. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Educación. 11 de mayo. Las diferencias cualitativas en los períodos previos a la fonetización de la escritura en el niño. Asesor: Dra. Emilia Beatriz María Ferreiro Schiavi.

Rosaura Galeana Cisneros. 29 de junio. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Educación. El trabajo infantil y adolescente como instancia socializadora y formadora en, para y por la vida. Asesor: Dra. Ruth Paradise Loring. Es Jefa del Área de Capacitación de Programa Nacional de Mujeres en Solidaridad, Secretaría de Programación y Presupuesto.

Maximiliano Ibarra Barajas. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Farmacología. 31 de mayo. Efecto del tratamiento antihipertensivo con pelanserina sobre las respuestas mediadas por el endotelio en la aorta de ratas espontáneamente hipertensas. Asesor: Dr. Enrique Hong Chong.

Humberto Hipólito García Díaz. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Física. 27 de abril. Caracterización estructural y óptica de multicapas de tungsteno y carbono amorfos. Asesores: Dr. Jesús González Hernández y Dr. Arturo Reyes Mena.

Diego Ignacio Gerardo Sanjines Castedo. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Física. 23 de mayo. Ecuación de Schrödinger unidimensional como un problema dinámico clásico. Asesor: Dr. Bogdan Mielnik Manwelow. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Carlos Manuel Sánchez Trujillo. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Física. 24 de junio. Movimiento browniano en suspensiones bidispersas de esferas duras. Asesor: Dr. Magdaleno Medina

Noyola. Se incorporó a la planta de profesores del Liceo Franco-Mexicano, A.C.

Mario Vázquez García. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Fisiología. 28 de junio. Caracterización de los canales de potasio del músculo esquelético mediante la técnica de canales únicos. Asesor: Dr. Jorge Alberto Sánchez Rodríguez. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Juan Manuel Hernández Rodríguez. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 6 de abril. Implementación del protocolo X.25 para una arquitectura multiprocesador. Asesor: Dr. Armando Maldonado Talamantes.

Ruth Elizabeth Delgado Moreno. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 20 de abril. Sistemas de archivos para el sistema operativo XINIX. Asesor: M. en C. Jorge Buenabad Chávez. Se incorporó a la compañía Softtek Tecnología, México, D.F.

César Cruz Hernández. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 5 de junio. Acoplamiento a modelos y rechazo a perturbaciones para sistemas no lineales discretos. Asesores: Dr. Rafael Castro Linare y Dr. Jaime Alvarez Gallegos. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Guillermo Lara Gómez. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 19 de junio. Procesador educativo con los circuitos AMD29300. Asesor: Dr. Jan Janecek.

Luis Martín Rojas Cárdenas. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 19 de junio. Diseño y construcción de un coprocesador para comunicaciones. Asesor: Dr. Jan Janecek. Se integró a la planta de profesores de Ingeniería Electrónica, UAM-Iztapalapa.

Roberdo Cárdenas Felix. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 21 de junio. Implementación del lenguaje POLUX para com-

putación distribuida. Asesor: Dr. Jan Janecek. Se reincorporó a la planta de profesores de la Escuela de Ingeniería, Universidad Autónoma de Sinaloa.

Juan José Tevera Mandujano. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 21 de junio. Diseño de un lenguaje para la computación distribuida. Asesor: Dr. Jan Janecek.

Eduardo Cortés Gil. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 22 de junio. Interfaz gráfica para la máquina monoper 2. Asesor: Jan Janecek.

Alexandro Hernández Liceaga. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 22 de junio. Protocolos de comunicación para la computación distribuida. Asesor: Dr. Jan Janecek. Se incorporó a la planta de profesores del Depto. de Ingeniería Eléctrica, UAM-Iztapalapa.

Octavio Héctor Juárez Espinosa. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 26 de junio. Estudio comparativo de arquitecturas de procesadores con base en la generación de código. Asesor: Dr. Jan Janecek.

Gregorio Solís Pérez. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 26 de junio. Sistema de consulta. Asesor: Dr. Jan Janecek. Se integró a la planta de investigadores del Banco de México.

Luis Eduardo Quiroz Arrunategui. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica. 27 de junio. Ensamblaje de arneses asistido por computadora. Asesor: M. en C. Feliú Davin Sagols Troncoso. Es administrador de un Centro Comercial en Sullana, Perú.

Elías Loyola Campos. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Matemática Educativa. 2 de abril. El rechazo al estudio de las matemáticas. Asesor: Dr. Eugenio Filloy Yague. Es Jefe del Depto. de Análisis de la Información del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Joel Chaparro González. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 18 de abril. Viabilidad de medir cuantitativamente óxige-

no en cobre líquido mediante la técnica modificada de la barra de grafito. Asesores: M. en C. Juan Méndez Nonell y Dr. Manuel Méndez Nonell. Se incorporó a la planta de investigadores del Centro de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico, Industrias Peñoles.

Héctor Manuel González Tirado. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 20 de abril. Caracterización de minerales argentíferos de colas de flotación. Asesor: Dr. Alfonso Humberto Castillejos Escobar. Se incorporó a la planta de investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Industrias Peñoles.

Juan Servando Hernández Mancha. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 14 de junio. Caracterización de propiedades físicas de filtros cerámicos espumados. Asesores: Dr. Alfonso Humberto Castillejos Escobar y M. en C. Enrique Nava Vázquez.

Leticia Rodríguez González. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 15 de junio. Estudio cinético de la lixiviación de minerales mangano-argentíferos utilizando tiourea. Asesor: Dr. Alfonso Humberto Castillejos Escobar.

Dora Marina Gutiérrez Avella. Maestro en Ciencias en la Especialidad de Química Orgánica. 18 de abril. Preparación de los sintones para una posible síntesis convergente de la enterocina. Análisis estructural por RMN de los intermediarios. Asesor: Dra. María Angelina Flores Parra.

José Manuel Hernández Hernández. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Biología Celular. 22 de junio. Identificación, caracterización y purificación de dos proteínas de la estructura paraxial del *Trypanosoma cruzi*. Asesor: José Luis Saborío López. Se incorporó a la planta de profesores del Depto. de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, CINVESTAV.

Rosa María del Angel Nuñez de Cáceres. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Biología Molecular. 9 de mayo. Influencia de la región no traducida 5' en la traducción del rNam de poliovirus. Asesor: Dr. Carlos Fernández Tomás.

José Isabel Tapia Ramírez. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Biología Molecular. 30 de mayo. Estudio de funciones virales supresoras en poliovirus. Asesor: Dr. Carlos Fernández Tomás. Se incorporó a la planta de profesores del CINVESTAV.

José Víctor Calderón Salinas. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Bioquímica. 18 de abril. El movimiento transmembranal de fosfolípidos aniónicos en la generación, mantenimiento y regulación del potencial de superficie externo de la célula. Asesor: Dr. Jorge Cerbón Solorzano. Se integró a la planta de profesores del Depto. de Bioquímica del CINVESTAV.

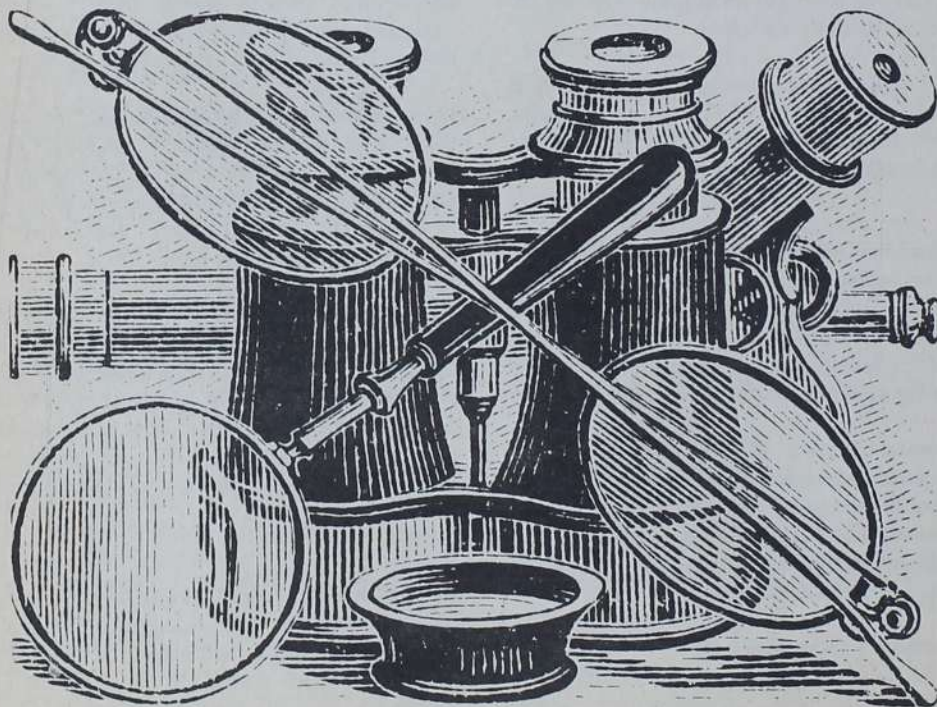
Héctor Victoriano Méndez Mella. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Física. 27 de abril. Measurement of the J/ψ photoproduction cross section. Asesor: Dr. Joel Butler. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el laboratorio Fermi de los EUA.

Jesús García Martínez. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Fisiología. 8 de junio. Relación entre

el movimiento de carga, la corriente de calcio y los transitorios de calcio de músculo esquelético de rana. Asesor: Dr. Enrique Stefani Bonfanti. Realiza una estancia posdoctora en el Depto. de Fisiología Molecular y Biofísica del Baylor College of Medicine, EUA.

Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Matemática Educativa. 5 de abril. Cateorías relativas a la apropiación de una base de significaciones propia del pensamiento físico para conceptos y procesos matemáticos de la teoría elemental de las funciones analíticas. Asesor: Dr. Eugenio Filloy Yague. Continúa como profesor de la Sección Matemática Educativa, Depto. de Investigaciones Educativas, CINVESTAV.

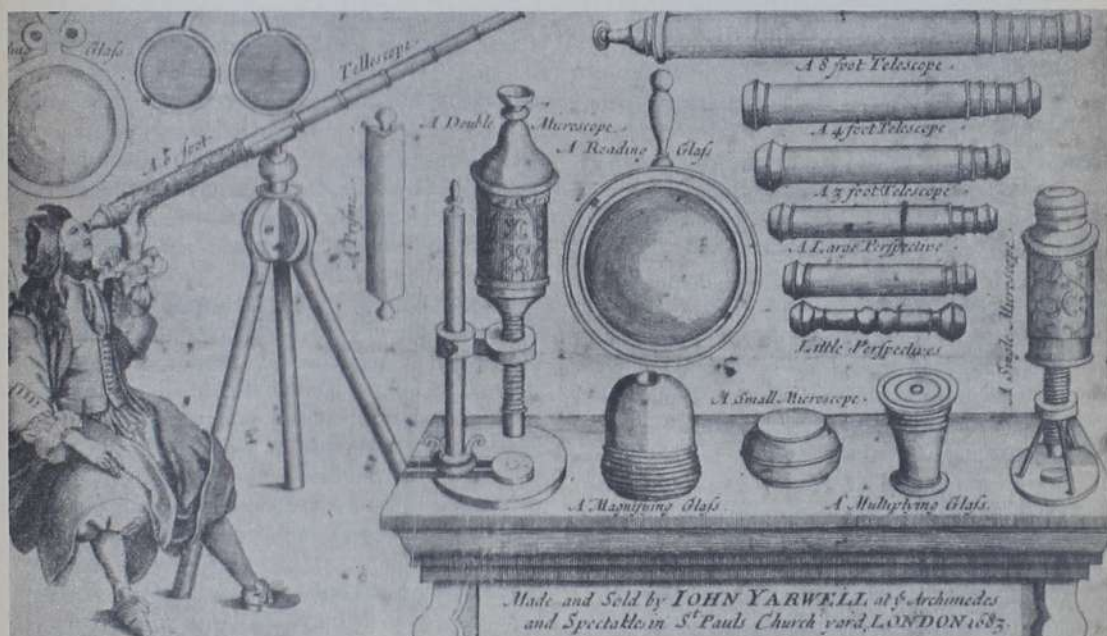
Pedro Luis del Angel Rodríguez. Doctor en Ciencias en la Especialidad de Matemáticas. 30 de mayo. Geometría de Fu. Asesor: Dr. José Antonio Vargas Mendoza. Se reintegró a la planta de profesores del Depto. de matemáticas UAM- Iztapalapa.



Innovaciones Educativas

La evaluación curricular en Educación Matemática

La Universidad Pedagógica Nacional inició en 1984 su especialidad en Educación Matemática y recientemente su maestría en Educación Media en el área de las matemáticas. En este artículo se presentan las bases de la evaluación curricular de estos programas.



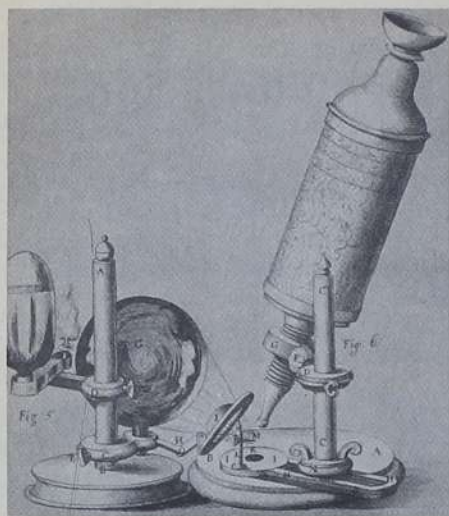
Tenochtitlán Salcido

Introducción

Una tendencia dominante en los trabajos actuales en educación matemática en México es el estudio

La M. en C. Tenochtitlán Salcido obtuvo la maestría en ciencias (Matemática Educativa) en el CINVESTAV. Su campo de interés es el trabajo curricular en educación matemática. Actualmente es profesora de la Universidad Pedagógica Nacional, Carretera al Ajusco 24, 14200 México D.F.

de casos particulares o muy específicos del problema curricular. Hay casos de trabajos que abordan conceptos específicos de la Matemática: por ejemplo, las fracciones o el límite. El aprendizaje de tales conceptos en el ámbito escolar está estipulado en proyectos curriculares que lo ubican espacial y temporalmente, con contenidos antecedentes y consecuentes a dichos conceptos, propuestas didácticas y de evaluación para los mismos, y tales trabajos generalmente no consideran estas condiciones. Ade-



más, estos trabajos se concentran sobre todo en los aspectos matemáticos y en algunas ocasiones abordan aspectos psicológicos; pero los aspectos psicopedagógicos y sociales, fundamentales para el estudio de la educación matemática como proceso, son ignorados u omitidos en casi todos los casos. Existe una marcada preocupación por la presentación y estructuración formal de las nociones y resultados matemáticos, sin considerar generalmente la edad del estudiante, sus conceptos previos, la estrategia para lograr que acceda al conocimiento y el papel que la Matemática debe desempeñar en su formación, de acuerdo con el tipo de estudios que cursa.

Consideramos que es necesario elaborar trabajos que examinen problemas más globales, porque visiones menos fragmentadas del fenómeno educativo en Matemáticas pueden contribuir a dar más luz en el conocimiento de tal fenómeno y a proporcionar mayor ubicación e integración a los estudios particulares y a las soluciones que se construyan para casos específicos. El estudio de la problemática curricular en Matemáticas permite abordar una situación más global y a la vez considerar las perspectivas matemática, psicológica, pedagógica, psicopedagógica y social. El presente trabajo pretende explicar el significado académico de la evaluación curricular y mostrar las aportaciones que ésta puede tener como línea de investigación en educación matemática.

Un mínimo marco teórico

Existen dos corrientes principales en la teoría curricular. La primera es pragmática, busca la delimitación de los conceptos con un mayor grado de precisión¹ y presenta lineamientos metodológicos con un buen nivel de estructuración,² sin embargo, en buena medida despoja los conceptos de su contenido social. Esta corriente está representada por autores en su mayoría norteamericanos. Por el contrario, en la segunda corriente, representada por autores latinos, se busca una mayor riqueza en el contenido de las nociones y la búsqueda de la correspondencia de las mismas con las condiciones sociales, económicas y políticas de países como el nuestro.³ En particular, yo me inclino por la segunda opción, aunque reconozco que mis propios trabajos en el área curricular reflejan el eclecticismo de ambas corrientes.⁴ Existen dificultades adicionales para la elaboración de un marco teórico en el terreno curricular. En muchos casos los conceptos se delimitan según los niveles educativos.⁵ En otros, el enfoque bajo el cual se delimita un mismo concepto varía, dando como resultado tantas definiciones como el número de enfoques de una misma noción.⁶ Para los propósitos del presente trabajo, se definen a continuación algunos conceptos básicos. Se entiende por currículum un proyecto educativo susceptible de llevarse a la práctica en el ámbito escolar. Este proyecto es un medio de concreción y estructuración de principios ideológicos, políticos, económicos, pedagógicos y psicopedagógicos, que se traducen a su vez en instrumentos que deben orientar y guiar una práctica pedagógica determinada. Una función de tal proyecto debe ser explicar las intenciones y el plan de acción que normarán la práctica mencionada. El diseño curricular es el proceso de elaboración del proyecto, o bien el producto de tal proceso, generalmente un plan curricular, "documento básico instrumental que orienta el desarrollo de las actividades educativas en un nivel o modalidad de enseñanza". El diseño como producto se llama también currículum formal. El desarrollo curricular, currículum vivido o currículum real, es la puesta en marcha del proyecto, su confrontación con la realidad de las aulas, con todas las instancias que intervienen, como son la administrativa, la docente y la institucional. El currículum oculto está constituido

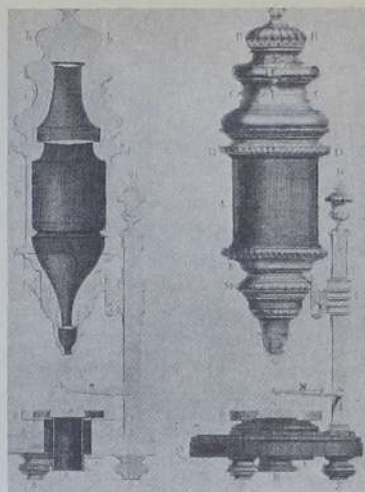
por las concepciones ideológicas subyacentes o implícitas en un currículum.⁷ La noción de evaluación curricular (EC) surge, a partir de la concepción norteamericana, como la medición de los resultados obtenidos por los alumnos; evoluciona posteriormente a la idea de valorar otros aspectos, objetos y sujetos relacionados con el currículum: los programas, los materiales, los maestros, la administración escolar. Pero esta corriente, consecuente con enfoques pragmáticos y utilitarios, concibe el producto de la EC como información útil para tomar decisiones.

Un planteamiento de este estilo reduce las posibilidades académicas de la EC, al plantearla como un procedimiento con características y finalidades predominantemente administrativas (en última instancia, políticas). Además, propicia que en muchos casos se deseche información que permite explicar y entender un currículum, y se proporcione sólo aquella que propiciará una decisión administrativa favorable para los intereses de quienes dan dicha información.⁸

En el presente trabajo se considera que la evaluación curricular debe ser un proceso de reflexión y análisis crítico, efectuado por el conjunto de sectores que componen la comunidad escolar, sobre los elementos que constituyen e influyen el plan de estudios. El análisis mencionado debe permitir configurar la alternativa académica congruente con el proyecto educativo que dichos sectores consideren válido, y tal alternativa debe ser viable en el plano de lo operativo. El eje orientador para el proceso es el análisis de la congruencia interna y externa del plan.⁷

La evaluación curricular como línea de investigación en educación matemática

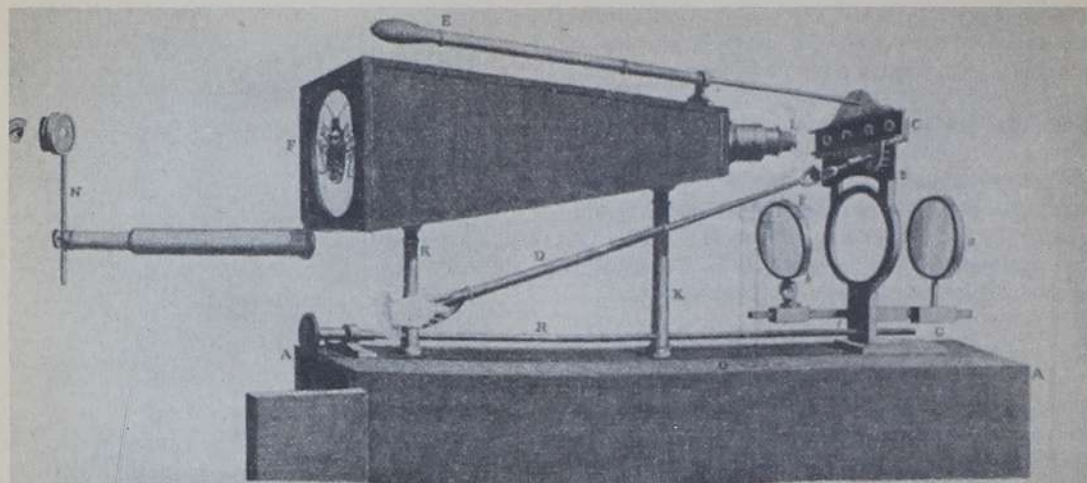
La revisión de un proyecto curricular y de su puesta en práctica permite, en una primera instancia, encontrar una serie de congruencias o incongruencias en su estructura, sus defectos en el renglón académico (arcaísmos, vacíos conceptuales, desniveles), sus excesos en el mismo renglón (enciclo-



pedismo, demasiado pragmatismo o teoricismo) y los valores que promueve (algunos de ellos a veces se pueden leer entre líneas en sus propuestas metodológicas y de evaluación). Deja percibir también omisiones o apreciaciones incorrectas tanto de los recursos humanos y materiales con los que pone en práctica el proyecto, como de otras condiciones para llevarlo a cabo, entre las cuales se cuentan las situaciones y características de los destinatarios del plan. Puede lograr, en un estudio a mediano plazo, la detección del impacto de un determinado plan sobre cierta población.

La obtención de un "estado de cosas" académico y situacional de un determinado proyecto curricular puede servir, en segunda instancia, para replantearlo, con una búsqueda de mayor congruencia en su estructura, remediar en lo posible sus defectos, corregir sus excesos y tener mayor claridad sobre los valores que promueve. Este replanteamiento debe ajustarse también a una mejor coherencia con todas las condiciones bajo las cuales se desarrollará, es decir, se buscará una mayor viabilidad del nuevo proyecto. El proyecto debe confrontarse con las condiciones reales del aula y con todos los medios que permiten llevarlo a la práctica.

El proceso de evaluación curricular debe ser, por fortuna o desgracia, perenne. El conocimiento evoluciona, la sociedad cambia; y el proceso educativo, como tributario que es de la comunicación



social del conocimiento, debe también transformarse continuamente. ¿Es o no investigación educativa la evaluación curricular? Angel Díaz Barriga, teórico mexicano de la educación, presenta un interesante debate sobre esta cuestión.⁵ En particular, yo considero que la respuesta es positiva si el trabajo de evaluación curricular trasciende un mero estado contable de cuantificación de cursos aprobados, textos, materiales, artículos, ponencias, líneas de investigación y reglamentos; si aporta una reflexión académica sobre la experiencia formativa de un proyecto educativo; y, además, si trata de fundamentar esa experiencia tomando los elementos teóricos y metodológicos existentes. La investigación educativa debe producir conocimientos sobre un proceso social: la educación.

En nuestro país, el conocimiento sobre la historia académica y política de la elaboración de los planes de estudio, sus finalidades, relaciones internas y externas, sus características intrínsecas, las de quienes los llevan a la práctica y las de sus destinatarios es escaso, más aún en lo relativo a proyectos de educación matemática. Sin embargo, existen unos cuantos trabajos en este rubro que se ajustan parcialmente a la noción de evaluación curricular que se planteó en el apartado anterior. El primero, realizado por Gispert,⁹ contiene la justificación, descripción y observaciones sobre el desarrollo correspondientes a un plan para cursos de verano destinado a profesores de secundaria, plan diseñado y desarrollado por profesores de la Sección de

Matemática Educativa del CINVESTAV y cuyo nivel de estructuración en su presentación es alto. Finaliza con una breve crítica al desarrollo, en la cual mezcla sugerencias de opciones para un rediseño del plan y esboza su estructura.

El segundo, desarrollado por Aguilera,⁹ denota en su título la pretensión de convertirse en un modelo de evaluación curricular. Se ramifica en el estudio, desde muchos ángulos y sin un sistema claro, de los cursos correspondientes a Matemáticas en el Colegio de Ciencias y Humanidades. El marco teórico, en cuanto a lo curricular, no es explícito, pero este trabajo declara que su base es un texto y un artículo norteamericanos (que a la fecha de la publicación tenían 28 y 18 años, de haber sido escritos, respectivamente). Un avance en este trabajo con respecto al anterior es la inclusión, como base teórica para su elaboración, de textos de psicología del aprendizaje, didáctica y currículum. El tercero, desarrollado por mí misma,⁴ contiene la evaluación de un aspecto específico (una unidad de una línea temática) de un plan de estudios diseñado, desarrollado y evaluado en la Universidad Pedagógica Nacional: la especialización en educación matemática. Define un marco teórico en lo curricular, las fuentes y los objetivos del trabajo, y construye un método para tratar de alcanzar dichos objetivos.

Otro trabajo, presentado por Ulloa en una reunión académica,¹⁰ consiste en un estudio explo-

ratorio, cuyos sujetos son profesores de Matemáticas de bachillerato de Guadalajara, sobre algunos aspectos del currículum real de dicha materia para bachillerato en esa ciudad. Se exploraron la opinión de los profesores sobre los programas y una serie de condiciones que afectan el desarrollo curricular de Matemáticas en el nivel mencionado.

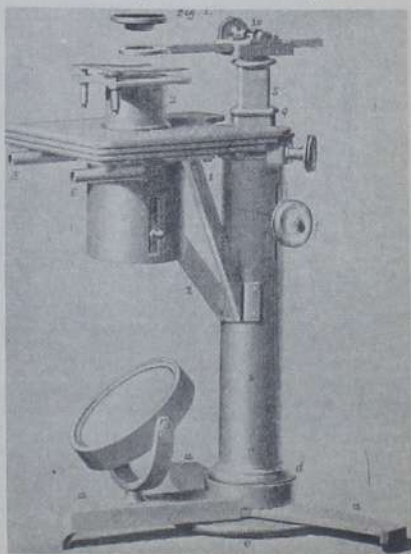
La evaluación curricular en la UPN

En mi caso personal, la experiencia en elaboración de trabajo de evaluación curricular surge a partir de requerimientos académicos por parte de la institución en que laboro. En 1984, la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) solicitó a los profesores de su Academia de Matemáticas y Estadística la elaboración de un plan de estudios para un nivel de especialización, cuyos destinatarios serían profesores de matemáticas de educación normal en servicio. Se indicó a quienes diseñaron el plan que se pondría en práctica como proyecto "piloto" en una generación. Esto (que, a fin de cuentas, no resultó cierto) motivó al equipo que diseñó y desarrolló el proyecto a efectuar una serie de actividades relacionadas con una evaluación de la primera puesta en práctica del plan,⁴ el cual recibió el título de Especialización en Educación Matemática. Participé en el equipo que diseñó y desarrolló una de las líneas temáticas del plan (línea de psicopedagogía). El resultado de este trabajo se reportó en un documento de circulación interna.⁴ Esto, a su vez, motivó la elaboración de un proyecto más estructurado de evaluación curricular, en este caso de un aspecto más reducido del plan: la unidad "Didáctica de la Matemática", la cual forma parte de la línea de psicopedagogía, proyecto que desarrollé como tesis de maestría.⁴ A continuación se presenta un resumen de este segundo trabajo. Inicia con su ubicación global: antecedentes, enfoque, objetivos generales y particulares, contenido, fuentes, limitaciones y aportes que intenta dar al estudio del proceso de la Educación Matemática. Se presenta una serie de elementos de teoría curricular que servirán como base para la evaluación. El concepto de evaluación curricular que aparece en el segundo apartado del presente escrito fue el que sirvió de eje para la estructuración del trabajo. La evaluación curricular se separa en dos momentos: (I) el diseño

del plan y (II) el de su puesta en práctica. En cuanto al primero, se analiza el proyecto para la unidad en dos fases:

Se ubica la unidad "Didáctica de la Matemática" como parte del proyecto Especialización en Educación Matemática (EEM), mediante un análisis del diseño global del proyecto EEM (fuentes del mismo, objetivos generales y perfil del egresado) como el marco general en que queda inserta la unidad. En el proyecto global, dentro de la línea de psicopedagogía se describe el planteamiento global de cada una de las cuatro líneas temáticas (contenidos matemáticos, métodos estadísticos, psicopedagogía y educación matemática), considerando sus finalidades y sus contenidos. Se contrastan los objetivos formales para psicopedagogía con los objetivos generales de la EEM, obteniendo un cuadro que permite analizar la contribución de los objetivos de la línea a los del proyecto global. Posteriormente se obtienen cuadros para las relaciones en cuanto a objetivos y contenidos de psicopedagogía con el resto de las líneas temáticas.

En la segunda fase se determinan los elementos que constituyen el diseño de la unidad (el objetivo, los contenidos, la selección y organización de materiales, el planteamiento metodológico, el planteamiento didáctico y la propuesta de evaluación). Se describe y fundamenta cada uno de ellos, y se analiza en forma global el diseño para la unidad,



tomando como base algunos elementos del marco teórico.

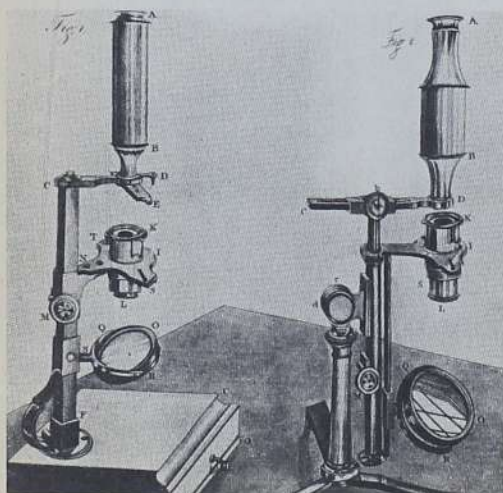
Para el momento de puesta en práctica (II), se presentan una serie de cuadros sintéticos en los cuales se describen el desarrollo de la unidad en el aula y cómo se emplearon los materiales seleccionados. Se plantean también algunas situaciones que influyeron en el desarrollo de la unidad. Tomando en consideración los dos momentos de análisis (I y II, planeación e implantación), en la última parte del trabajo se hace una evaluación de cada uno de los elementos que constituyen el diseño de la unidad, para luego efectuar un replanteamiento de dicho diseño.

Después de la especialización en Educación Matemática, la UPN pidió a la Academia de Matemáticas y Estadística el diseño de un nuevo plan, esta vez para nivel de maestría, cuyos destinatarios serían profesores de matemáticas de educación secundaria en servicio. Para este nuevo proyecto, que recibió el nombre de maestría en Educación Media en el área de Matemáticas, se me asignó una tarea específica: el diseño de un curso sobre Evaluación y Currículo, inscrito en la línea temática de psicopedagogía. Una serie de necesidades y problemas relacionados con esa tarea motivaron la elaboración de un segundo proyecto de evaluación curricular, cuyo eje es el currículo de Matemáticas para secundaria en México. Considero que el nivel de secundaria tiene mayor importancia aca-

démica si se le considera más como un nivel transitorio que como un nivel terminal de estudios. Por tal motivo, un análisis curricular de la propuesta para secundaria debe considerar los niveles antecedente y consecuente. A continuación se presenta un resumen del proyecto, cuyo título es "El currículum obligatorio para Matemáticas en México, un estudio inicial".

Delimita los conceptos de teoría curricular que se emplean y describe lo que se considera como "currículum obligatorio para Matemáticas en México". Para poder iniciar estudios en cualquier licenciatura de nuestro país, un alumno debe transitar al menos por tres niveles educativos: la primaria (6 períodos anuales), la secundaria (3 períodos anuales) y el bachillerato (6 semestres). En cada uno de estos niveles, el alumno debe cursar Matemáticas (en primaria y secundaria durante todo el ciclo y en bachillerato sólo los primeros semestres). El currículum formal de Matemáticas es el mismo en toda la República Mexicana para los niveles de primaria y secundaria. El diseño curricular para estos dos niveles comprende los objetivos, los contenidos, la propuesta didáctica y la forma de evaluación. Los libros de texto para primaria son gratuitos y en ellos aparecen todos los elementos del proyecto curricular correspondiente. Existen diferentes tipos de bachillerato, de acuerdo con los distintos tipos de licenciatura y las diferentes instituciones que ofrecen programas de licenciatura. Y si bien en cualquiera de ellos se cursan Matemáticas, los cursos varían de un tipo a otro. A continuación aparecen los objetivos del proyecto.

1. Analizar los currículos formales para Matemáticas correspondientes a primaria, secundaria y un tipo de bachillerato [Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)], desde las perspectivas psicológica (concepción de cómo aprende el sujeto), pedagógica (concepción predominante del objeto de estudio, roles que se asignan a maestros y alumnos, relaciones que postulan o favorecen entre maestros, alumnos y objeto de estudio, etc.), didáctica (metodología para la enseñanza y formación del sujeto) y matemática (secuencia, alcance y nivel de formalidad de los contenidos, estructuración de los mismos), con el fin de detectar niveles de coherencia de los tres diseños en un sentido vertical o longitudinal (a través del tiempo).



2. Efectuar una serie de estudios exploratorios, cuyos sujetos serían maestros y/o alumnos de los tres niveles mencionados. Con ellos se determina la necesidad de hacer un estudio más amplio del currículum real de Matemáticas para esos tres niveles. Estos estudios pretenden sondear la opinión que los profesores de Matemáticas de secundaria tienen acerca del currículum formal para esta asignatura en ese nivel. Asimismo, analizan el conocimiento que los profesores de Matemáticas de secundaria (del D.F.) tienen de las propuestas curriculares de primaria y CCH en dicha área del conocimiento. Exploran además algunos aspectos de la relación currículum formal-currículum real para Matemáticas en el CCH, mediante un sondeo a estudiantes y profesores.

Con respecto al método de trabajo, se señala que al objetivo (1) corresponde únicamente trabajo de escritorio y biblioteca. Al (2), trabajo de campo, mediante la aplicación de cuestionarios de respuesta cerrada, para un posterior análisis de resultados. El proyecto se encuentra en una fase inicial de desarrollo, y se halla vinculado a otros dos proyectos que se llevan a cabo en la UPN¹¹ así como con el trabajo de Guadalajara mencionado anteriormente.

Notas

1. Véase, por ejemplo, la definición de currículum en Johnson, M. "La teoría del currículum (definiciones y modelos)". *Perfiles educativos*, No. 2, CISE, UNAM, México, 1978, p. 21.
2. Un ejemplo es el modelo de diseño que aparece en Oliva, P. *Developing the curriculum*. Little, Brown and Company. Boston-Toronto, 1982, pp. 167-169.
3. Lo cual puede constatarse en la presentación de definiciones y modelos que aparecen en Coll, C. "Hacia la elaboración de un modelo de diseño curricular". *Cuadernos de Pedagogía*. Ed. Fontalba, Barcelona, julio-agosto, 1986, pp. 8-10 y en Follari, R. y Berrueto, J. "Criterios e instrumentos para la revisión de planes de estudio". *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. XI, No. 1, México, 1981.
4. Salcido, T. "Una especialización en Educación Matemática dirigida a profesores de Educación Normal". *Pedagogía* No. 12, UPN, México, 1987, pp. 51-56; "Evaluación de un diseño y un desarrollo curriculares para psicopedagogía", *Pedagogía* No. 13, UPN, México, 1988, pp. 53-59; "Evaluación curricular de la unidad didáctica de la Matemática" como parte integrante de la Especialización en Educación Matemática que la UPN ofrece a profesores

de Normal". Tesis de Maestría. Sección Matemática Educativa, CINVESTAV, IPN, México, 1988.

5. Coll, op. cit., se refiere al nivel elemental; pero la mayoría de los trabajos en nuestro país corresponden al nivel superior. Algunos ejemplos pueden encontrarse en De Alba, A. "Evaluación de planes de estudio". *Encuentro sobre diseño curricular*. ENEP-Aragón, UNAM, México, 1982, pp. 65-103. Díaz Barriga, A. *Ensayos sobre la problemática curricular*. Ed. Trillas, 3a. ed., México, 1988. Galán, I., Marín, D. *Investigación para evaluar el currículo universitario*. UNAM-Porrúa, México, 1988.
6. Una ilustración sobre las concepciones de currículo que aparecen en Pansza, M. "Notas sobre planes de estudio y relaciones disciplinarias en el currículo". *Perfiles Educativos* No. 36, CISE, UNAM, México, 1987, p. 18.
7. Diseño y desarrollo curricular: Coll, op. cit., p. 9, currícula formal, real y oculto: Galán, op. cit., p. 16. Evaluación curricular: De Alba, op. cit.
8. Esta es la experiencia propia en el proceso actual de evaluación institucional de la UPN y la opinión de algunos autores apoya tal aseveración, véase Díaz Barriga, op. cit., pp. 74-78 y Weiss, C. *Investigación Educativa*. Trillas, México, 1978, p. 124.
9. Gispert, R. "Evaluación de proceso de un curso de formación de profesores de nivel elemental". Tesis de Maestría. Sección de Matemática Educativa, CINVESTAV, IPN, México, 1979. Aguilera, J., et al., "Un modelo de desarrollo y evaluación curricular para la Matemática del bachillerato, con propuestas de experiencias de aprendizaje basadas en una investigación de diferentes corrientes de enseñanza". CINVESTAV, IPN, México, 1985.
10. Ulloa, R., "Caracterización de factores que inciden en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en el tronco común del bachillerato". Conferencia Primer simposio internacional sobre investigación en Educación Matemática. CIMAT, Gto., 10-III-89.
11. Chalini, A. "La Educación Matemática en la Escuela Primaria". En: *Factores que intervienen en la calidad del proceso educativo en la escuela primaria*. Colección de Documentos de Investigación Educativa. UPN, México, 1988. Villasana, R. et al. "Estudio sobre las obras de texto de Matemáticas en la educación media básica". Tesis de Maestría. UPN, México, 1989.



El Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias
del Centro de
Investigación y de Estudios Avanzados

ofrece

Programa de maestría y doctorado en
Fisiología, Biofísica y Neurociencias

Requisitos de admisión

Estudios profesionales completos o maestría
Promedio mínimo de 8 (ocho) en los estudios profesionales
Aprobar un examen de ingreso que se efectuará en septiembre de 1990 para la generación que comenzará sus estudios en enero de 1991.

Informes

Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias
Coordinación Académica
Ave. IPN 1508 esq. Ticomán
Delegación Gustavo A. Madero
Apdo. Postal 14-740
CP 07000, México, DF.
Tel.: 754-83-54 ext. 5164





matices

Los virus achicadores de cabezas*



Marcelino Cerejido

*Sin las mentiras, la humanidad perecería
en la desesperación y el aburrimiento.*

ANATOLE FRANCE

Cuando uno viaja al extranjero y se queda trabajando como investigador visitante por más de una semana, agota las invitaciones a cenar que recibe de los anfitriones, y pronto queda abandonado en su

hotel con tantas noches libres como dure la estada. En Birmingham, Alabama, yo solía ocupar dichas noches yendo al *faculty club* a charlar con los *old timers*. Se trata de profesores eméritos o a punto de retirarse, que por su edad, viudez, o exceso de cicatrices recibidas en la larga y despiadada lucha científico-institucional, han ido quedando varados como cascos de grandes transatlánticos en las playas de la ciencia. Hoy el tiempo les queda tan holgado como piel de sus arrugas, y cuando terminan sus jornadas de trabajo se dan una vuelta por el *faculty club* y gastan un par de horas con un whisky o un martini, hablando de naderías antes de regresar a la nostálgica soledad de sus hogares.

* Del libro "Recuerdos y Milanesas", que escribiré en cuanto tenga tiempo.

Creo sinceramente que alguien debería grabar las conversaciones de esos veteranos y publicarlas como tesoros del conocimiento universal; pues si se les quita la hojarasca de intrascendencias sobre el clima, las enfermedades, los nuevos contratos y la política de sus municipios, aparecen las ramas significativas del mentado árbol del conocimiento. Así uno se entera de que Fulano de Tal comenzó a generar el modelo de intercambiador iónico que lo llevó a la fama, cuando en un congreso realizado en Baltimore se acostó con la colaboradora de Mengano de Cual, y ella, resentida con Mengano porque no la había incluido como coautora en cierto artículo, le confió a Fulano los resultados experimentales que estaba obteniendo con su jefe; o de que la genial idea que tuvo Zutano de emplear hidróxido de cobalto en la purificación de la enzima que hoy lleva su nombre, se debió en realidad a que su estudiante graduado, un tanto babieca y chambón, se confundió de frasco y acertó con el reactivo adecuado. Esas pinceladas de epistemología de sobremesa pintan la ruta verdadera seguida por el progreso científico, porque no excluyen al azar, los olvidos, los berrinches, las pasiones, los errores humanos y los pasos atrás, que son los principales ingredientes de nuestra investigación de cada día.

A veces los *old timers* están de buen talante, y dejan caer la sugerencia adecuada para que Andrew MacNutt se dé el gustazo de repetir una vez



más cómo fue que, en su juventud, se erigió en el astro de los bioquímicos de las mitocondrias; o le preguntan a Robert Farrier si él ha conocido personalmente a Albert Einstein, solo para que Bob se explaye, cada vez con más regodeo de detalles, sobre aquel verano en Princeton cuando, según él, el sabio le rogó que le ayudara con sus ecuaciones, o de lo contrario la Teoría de la Relatividad caería por tierra hecha pedazos.

Recuerdo el nombre de algunos de esos viejos desde mi época de estudiante, pues son autores de textos clásicos. A otros los conocí en sus años briosos, cuando pronunciaban la conferencia inaugural de los congresos, o inundaban los *journals* importantes con sus artículos de vanguardia. Suelo pasar ratos agradables en esos *faculty clubs*. Mas puede darse el caso de que los viejos se recluyan en sus silencios individuales, ya para rememorar una gloria, ya porque están aburridos de escuchar las mismas historias, o simplemente porque la llegada de un nuevo compañero a la rueda promete ser más interesante que sus conversaciones. Ese fue, precisamente, el tipo de silencio en que caímos cuando llegó al club Donald Keynes.

Keynes se veía agotado. Más que chismes y anécdotas necesitaba una silla y un trago. Su saludo consistió en un esbozo de sonrisa para cada uno de nosotros, con intenciones no logradas de campechanía, mientras se iba aflojando su corbata y acomodándose en la rueda, con la cotidianeidad con que se le quitan los arneses al caballo de trabajo, y se lo instala en el pesebre hasta el día siguiente.

Lo miramos en espera de que pagara su ingreso con alguna novedad. Pero Donald Keynes no dijo nada. Por el contrario, agotados los saludos, aflojes y reacomodos, comenzó a molestarse porque no reiniciábamos la conversación, y porque comenzaron a pesarle las miradas expectantes de ocho o diez colegas.

—O.K...sigan hablando —estimuló, sin conseguir que alguno se diera por aludido. Dejó transcurrir pesados segundos y repitió sus palabras con un dejo de mandato. Situación estúpida si las hay, pues en realidad no solo no teníamos absolutamente nada que decir, sino que ahora nos sentíamos

inhibidos por cierta barrerita de abochornado desafío. Momentos más tarde, francamente contrariado, Donald amenazó "Muy bien, si mi presencia interrumpe el tema que trataban, me retiro", e hizo amagos no muy convincentes de aprestarse a marchar.

Se sucedieron varios intentos sinceros por asegurarle que no se hablaba de nada en particular, pero no dieron resultado. Por fin Warren Rehm —cuándo no— en una suerte de judo intelectual, en lugar de esforzarse por neutralizar las dudas de Keynes optó por acicatearlas.

—Mira Donald...nos pones en un aprieto. Mejor déjalo así. Hay situaciones en las que uno no es libre de divulgar ciertos asuntos.

Un electrodo puesto en la silla de Donald Keynes no le hubiera causado un respingo similar al que le provocó la aclaración de Rehm. Siguió un intercambio de esfuerzos ansiosos de Keynes porque se le incluyera en el secreto, y de evasivas lacónicas de Rehm por disuadirlo sobre la base de que era demasiado riesgoso incurrir en indiscreciones. Al cabo de un rato de suspenso, en el que Donald Keynes aparecía alternativamente ofendido, intrigado, a punto de rogar información e invocando los privilegios de una larga amistad, Warren Rehm le preguntó:

—¿Prometes que, una vez que te lo digamos, no volverás a hacer preguntas o a tocar el tema ni aquí ni en ninguna otra parte? ¡Momento, momento! no respondas: primero te quiero advertir de que está de por medio nuestra seguridad personal. Concretamente: no quiero que una indiscreción tuya nos mande a todos a la cárcel ¿De acuerdo?

Por supuesto que Donald Keynes, ni ningún ser humano para el caso, estaba en condiciones de negar la promesa que se le exigía o, mejor dicho, de renunciar al incitante secreto. Nos aseguró que nada ni nadie, ahora ni nunca, le haría cometer una infidencia. Entonces Warren Rehm le disparó desde un flanco.

—Dime Donald, ¿qué sabes de los achicadores de cabezas?

—¿Achicadores?...¿De los achicadores de cabezas?...Nada. No sé absolutamente nada. Es decir... "nada"...nada no: sé que le cortan la cabeza a sus enemigos y que luego la tratan con jugos que, supongo, contendrán enzimas proteolíticas, o acaso quelantes de calcio que la van reduciendo de tamaño y...

—No. No es así —aseveró Warren Rehm. — Se acaba de demostrar que en realidad no es un procedimiento post-mortem. Se trata de cierto virus con el que los indios infectan a sus prisioneros. La cabeza de estos comienza a achicarse hasta que, finalmente, el tamaño no resulta compatible con la vida.

—¡Oh! —exclamó Donald Keynes dubitativo. Pero así y todo, no veo a qué viene tanto secreto.

—Viene, mi querido Donald, a que hay cuatro casos confirmados en los Estados Unidos. Como lo oyes: el Departamento de Estado acaba de consultar a Douglas Wright, aquí presente, en su carácter de *chairman* del Departamento de Bacteriología. Bajo el apercibimiento de juzgarlo por alta traición, con todas las consecuencias del caso, le han informado que se han detectado otros veinte casos dudosos, a los que se rodeó de una impresionante barrera de precaución y hermetismo. En una palabra: el virus ha entrado al territorio de los Estados Unidos, y se teme que se descerraje





una epidemia. Puesto que los casos se han presentado simultáneamente en cuatro puntos muy distantes entre sí, se descarta la propagación por contagio y se sospecha en cambio que se debe al ataque subrepticio de una potencia extranjera: guerra bacteriológica que le llaman.

—¡Bondad graciosa! Pero insisto ¿por qué tanto secreto?.. ¿no sería más sensato alertar a la población?

—¡Alertar a la población! —exclamó Warren tomándose la cabeza horrorizado. No, mi querido Don, no. De ninguna manera. Mi Dios. Habría estampidas hacia el campo de masas aterrorizadas, compras de pánico, bloqueo de los aeropuertos, desquicio de la vida en los Estados Unidos, seguiría un pandemio internacional, suicidios y, lo que es más grave aún: icaería la bolsa de Wall Street! No, mi querido Donald, no. De ninguna manera. Date cuenta de que Douglas, que ha sido consultado en su carácter de *chairman* de bacteriología y máxima autoridad en virus, ha jurado mantener el secreto bajo las mismas circunstancias legales que ya han mandado a varios espías atómicos a la silla eléctrica. Espanta reconocer que algunos de ellos no habrán sido en realidad “espías”, sino simplemente personas que con toda candidez dejaron filtrar información de estado, tal y como lo estamos haciendo ahora contigo...

Don Keynes miró largamente a cada uno de nosotros, mientras que, a juzgar por la posición, su boca pronunciaba un inaudible “oh”. Le ha de haber resultado atroz que algunos escondiéramos la cara en un intento por contener nuestras risas, pues seguramente lo tomó como un deseo de no implicarnos en tan grave infidencia. Al cabo de un par de minutos, munido de un arsenal de preguntas, se montó con los codos sobre la mesa y enfrentó resueltamente al viejo Warren Rehm. Pero lo detuvo la mano abierta en pantalla de Warren, que sonreía sardónicamente y miraba de reojos hacia la puerta. “Olvidemos esto” aconsejó Warren Rehm hablando con media boca. Enseguida llamó al camarero, arrojó un par de billetes sobre la cuenta y se retiró.

Keynes cumplió casi su promesa. Y digo “casi”, porque tres días después preguntó grave y en voz baja cómo seguía “el asunto aquí”. Ninguno se animó a aclararle que se trataba de una broma, pero tampoco tuvo la cara suficientemente dura para continuar la historia iniciada por Warren Rehm. Optamos por contestar con evasivas, toser, reorientar nuestras sillas, mirar estúpidamente para otro lado, gestos que Donald Keynes habrá tomado como evidencia palpable de nuestros temores.

No ocurrieron novedades hasta aquel tormentoso 4 de febrero, cuando el viento, el frío y la lluvia que estrellaba su helada porfía contra los ventanales, arreó hacia el *faculty club* a toda la gerontocracia universitaria. El hecho de que el 4 de febrero fuera además el cumpleaños de Warren Rehm, y que este se empeñara en pagar los tragos, agregaba una nota peculiar. Más peculiar aún fue que insistiera en brindar una y otra vez con Donald Keynes, hasta que el rostro de ambos fulguró en sus rojizos cachetes.

Keynes se levantó. Las sillas desperdigadas y el alcohol lo obligaron a zigzaguear hacia el perchero, se puso el sobretodo, la bufanda... También se encasquetó la gorra, una gorra lo suficientemente amplia como para taparle las cejas, y buena parte de la nuca. Se la quitó, la examinó en forma exhaustiva: sí, era la suya. Ladeó la cabeza y frunció la boca para ayudar a convencerse y, volviéndose a calar, salió resueltamente a internarse en la borrasca. Nosotros comenzamos a entender.

Al día siguiente fue Keynes, llegando al incipiente grupo temprano, quien inspeccionó la puerta y los rincones con su mirada para cerciorarse de que no había oídos ajenos. "¿Qué se sabe de aquello?" demandó con gesto sombrío. Por supuesto nos hicimos los estúpidos.

—Donald... ¿recuerdas que nos habíamos propuesto no decirte absolutamente nada... hasta que tu enojo nos hizo ceder y confiarte...? —lamentó Rehm— Bueno. Mejor olvídale ¿no?

En los días subsiguientes Keynes se fue acostumbrando a la holgura de su gorra. Pero, para su desgracia, un par de semanas más tarde fue Norman Eaton quien cumplió años y fue Warren Rehm el que insistió en brindar y volver a brindar. También fue el viejo Rehm quien marchó furtivamente hasta el perchero y cambió la gorra de Keynes por una similar pero sin duda más amplia.

Se volvió a repetir la escena de la semana anterior, y un Donald Keynes entrado en copas, descubrió al vestirse que ahora la gorra le llegaba hasta la mitad de los anteojos, le tapaba completamente las orejas y descansaba su borde inferior sobre el cuello. Sin darle mucha importancia la recaló hacia atrás y se dirigió hacia la puerta. Pero al tocar el picaporte se paró en seco, giró sobre sus talones y regresó al grupo con gesto preocupado.

—A propósito... ¿Hay alguna novedad acerca de...?

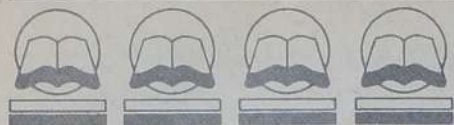
Warren Rehm se paró de un salto.

—¡Sagrado Humo! ¡He sido yo, yo mismo, quien traicionó el secreto de Douglas Wright! Perdone Douglas —imploró y, contrariado, escapó hacia el baño.

Keynes quedó estúpidamente confundido, con el abrigo a medio abrochar, la bufanda suelta, la cabeza reclinada exageradamente hacia atrás para poder ver por debajo de la visera. Nuestros rostros vueltos hacia otros lados le desaconsejaron insistir, y no le quedó otra que retirarse agobiado.

Luego me enteré de que el 26 de marzo de ese año, Keynes, Douglas Keynes, se había presentado al servicio externo del University Hospital, a declarar formalmente que su cabeza se estaba reduciendo de tamaño. Decenas de radiografías de cráneo, exámenes antropométricos y muchos dólares pagados por el seguro de salud, hicieron que el cuerpo médico encontrara prudente mantenerlo en observación periódica, pues es muy difícil demostrar que un proceso patológico no está teniendo lugar, sobre todo cuando el paciente no revela la causa de sus sospechas por creer que se trata de un secreto de estado. Mi período como *visiting professor* fue mucho más corto que dichos estudios, razón por la cual jamás pude enterarme del desenlace de aquella espantosa epidemia.





libros

The New Physics, editado por Paul Davies, Cambridge University Press, Nueva York, 1989, 516 pp.

Este libro contiene una colección de ensayos de divulgación sobre "la nueva física" que se hace en nuestros días. Consiste de 18 capítulos; cada uno de ellos es una reseña de una área de investigación activa de la física, escrito por alguno de sus principales impulsores. Sin menoscabo de la exactitud y lo completo del tema abordado, cada capítulo está escrito en un lenguaje ameno y accesible, incluyendo muchas ilustraciones. Según el editor del libro, Paul Davies, se intentó conseguir el estilo y el nivel de los artículos publicados en el *Scientific American* o el *New Scientist* (que a propósito, es lo que nos hemos propuesto alcanzar en *Avance y Perspectiva*). Considero que en muchos de los capítulos de este libro se supera esta meta, ya que el *Scientific American*, sobre todo, publica hoy en día artículos que son difíciles de leer aún para los especialistas del tema en cuestión. En cambio, a pesar de que todos los capítulos de *The New Physics* son descriptivos, sin mucha dificultad pueden ayudar a poner al día incluso a los investigadores que no son especialistas en las áreas cubiertas. Además, con la ayuda del glosario de términos técnicos contenido al final del mismo libro, un estudiante de preparatoria, o de los primeros años de una carrera de ciencias o ingeniería, puede sacar mucho provecho de cada uno de los capítulos del libro. Esta colección de ensayos podrá ser también de utilidad para los profesores de física de estos niveles, ya sea para motivar a sus estudiantes o como complemento de sus cursos. Freeman J. Dyson (*Am. J. Phys.* **58**, 286 (1990)), uno de los pioneros en el desarrollo de esta nueva física, después de leerlo no encontró parangón con ningún otro libro de divulgación en el ámbito de la física. En el área de la biología sí lo encontró, pero en un libro de hace 50 años, "The Science of life", escrito por H.G. Wells (el de la máquina del tiempo) su hijo G.P. Wells, un biólogo profesional, y Julian Huxley, también biólogo y famoso escritor.

Paul Davies utiliza el término "nueva" física para distinguirla de la física generada en las dos primeras revoluciones de la física moderna. La primera revolución la identifica con el trabajo de Galileo, Newton y sus contemporáneos, quienes establecieron los fundamentos del método científico para el estudio sistemático de la materia, las fuerzas y el movimiento. La segunda revolución ocurrió a principio del presente siglo, con la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y el descubrimiento de la radiactividad. La tercera revolución se estaría gestando en nuestros días con "la nueva física" en un número muy amplio de frentes. El editor del libro los agrupa en tres grandes fronteras: la física de lo muy pequeño (física de partículas), la física

The New Physics

Edited by
Paul Davies

Professor of Theoretical Physics
University of Newcastle upon Tyne



CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS
Cambridge
New York New Rochelle Melbourne Sydney

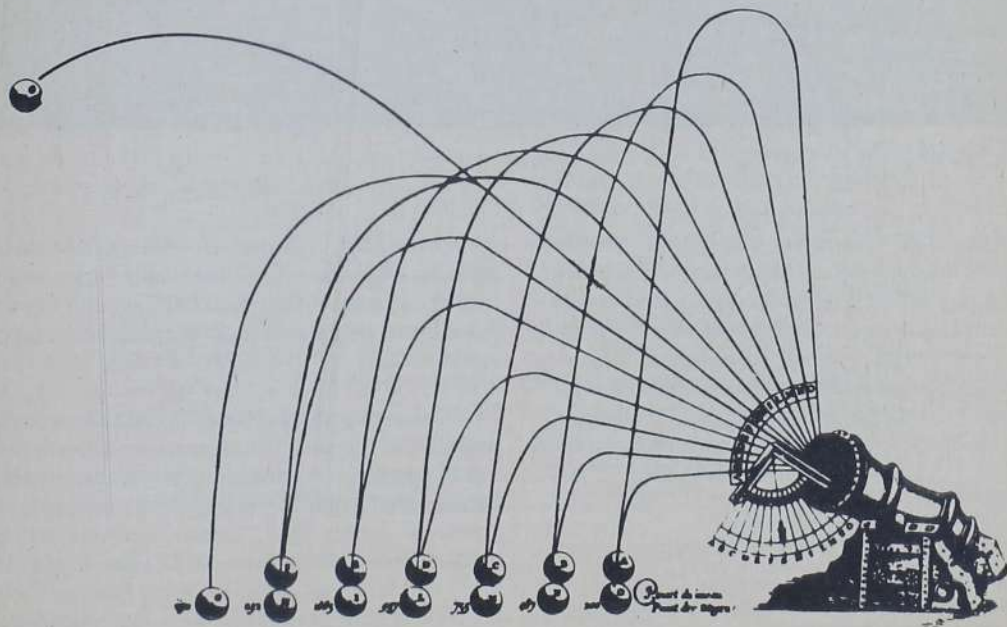
de lo muy grande (astrofísica y cosmología), y la física de sistemas complejos, aunque con componentes sencillas (materia condensada, fenómenos cooperativos y caos).

Además de recomendar la lectura de este conjunto de ensayos, y siendo tan numerosos los temas cubiertos en ellos, lo único que puedo hacer en el espacio disponible es reproducir los títulos y autores de cada capítulo.

Sobre lo muy pequeño: Fundamentos conceptuales de la Mecánica Cuántica, Abner Shimony; La estructura de quarks de la materia, Frank Close; Teorías de gran unificación y Teorías cuánticas del campo efectivas, Howard Georgi; Teorías de norma en física de partículas, John Taylor; Panorama de la física de partículas, Abdus Salam. *Sobre lo muy grande:* El renacimiento de la relatividad general, Clifford Will; El universo inflacionario, Alan Guth y Paul Steinhardt; La frontera del espacio-tiempo, Stephen Hawking; Gravedad cuántica, Chris Ishami; La nueva astrofísica, Malcom Longair. *Sobre lo muy complejo:* Física de materia condensada en menos de tres dimensiones, David Thouless; Fenómenos de puntos críticos: física universal y grandes escalas de longitud, Alastair Bruce y David Wallace; Física de bajas temperaturas, superconductividad y superfluidez, Anthony Leggett; Óptica cuántica, Peter Knight; Física de sistemas alejados del equilibrio y auto-organización, Gregoire Nicolis; ¿Qué es el caos, que deberíamos estar preocupados por él?, Joseph Ford.



Miguel Angel Pérez Angón
Departamento de Física





espacio abierto

La brecha tecnológica en Brasil



Ruy Gama

En la actualidad, una de las discusiones más frecuentes en los seminarios y congresos, en los textos académicos y en los medios de divulgación impresos es la que gira alrededor de las relaciones entre ciencia y tecnología. Creo que participar en ese debate es importante, pues al ocuparnos de la brecha tecnológica conviene precisar algunos conceptos básicos en los que se ha de apoyar el análisis de esta cuestión, es decir, cómo debe entenderse el tér-

mino "tecnología", perdido en un sinnúmero de significados que dificultan su examen y exigen traducciones, variedad de significados. También requiere del examen de las relaciones entre ciencia y tecnología.

Tales discusiones tienen principalmente dos orígenes: el primero de ellos, en apariencia solamente semántico, aparece cuando se distorsiona el término tecnología como traducción del inglés "technology". Ahora bien, se sabe que este vocablo inglés abarca un vasto campo de significados, desde lo que nosotros entendemos por técnica, o conjunto de ellas, hasta los instrumentos, herramientas

Ruy Gama es profesor titular de la facultad de Arquitectura y Urbanismo y director del Instituto de Estudios Brasileños de la Universidad de São Paulo. (Traducción de Carlos Chimal.)

y objetos fabricados mediante una técnica o "know how" (palabra casi en desuso), esto es, el "saber hacer" presente en la producción industrial. En esta acepción inglesa, muy difundida en nuestros días, "tecnología" no se distingue claramente de técnica o conjunto de técnicas, y se complementa con otras palabras como "skill" y "craft", cuando se quiere referir a la actividad productiva práctica y frecuentemente individual. Se agregan a estos los significados más recientes vinculados a los mecanismos de mercado, donde "tecnología" nos remite a invención y se asocia a marcas, patentes, propiedad industrial y concesión de derechos de uso y de explotación. Aquí es donde se habla de transferencia y venta de tecnología.

El otro origen de la discusión es de principio, en mi opinión positivista, que establece una jerarquía en la cual la teoría (la ciencia) ocupa un lugar privilegiado con respecto a la práctica (la técnica). Si se les acepta como entidades separadas, se vuelve necesario analizar sus áreas de contacto y sus instrumentos de comunicación o interfaces. La primera propuesta que surge, la más atractiva y simplificadora, es la que considera la tecnología (en este caso, como se verá, una simple y apresurada traducción de "technology") como ciencia aplicada. Postula una preeminencia de la ciencia sobre la práctica. Además, su concepto de aplicación es ambiguo e impreciso. ¿Sería entonces la biología una aplicación de la física o la química, o de ambas, enriquecida de matemática debido al uso actual y cada vez mayor de la estadística? Creo que la biología es mucho más que eso, aunque indudablemente sean esos sus puntos de apoyo.

Por ello me rehusé a aceptar la tecnología como ciencia aplicada, y me inclino por la definición que la considera como una ciencia por sí misma orientada a la producción. Diría en consecuencia que la tecnología es la ciencia del trabajo productivo. Es una ciencia nueva, tal como la resistencia de materiales es una "nuova scienza", cuyos fundamentos teóricos fueron establecidos por Galileo. Fechada en el siglo XVIII, la tecnología se vincula al capitalismo y al establecimiento del sistema de manufactura, donde el trabajador colectivo, reunido en grandes talleres, sustituye al artesano de los pequeños talleres medievales. Christian Wolff, filósofo y matemático de mediados del siglo XVII, discípulo



predilecto de Leibniz, la define como "la ciencia de las artes y de las obras de arte". Así, no se confunde con el hacer ni tampoco con los productos materiales, pues es discurso, sistematización racional y científica del conocimiento que tiene su origen, casi siempre, en la práctica productiva. La ciencia alude al trabajo productivo porque es a partir de la entrada del capital en la producción y de su reproducción ampliada que el antiguo sistema corporativo comienza a esconder sus bases. Además, el debilitamiento de las asociaciones de oficios va minando también el sistema de transmisión de conocimientos y del saber hacer basado en el sistema de aprendizaje; esta tarea es asumida por las escuelas profesionales —creadas ya en ese siglo, primeramente en Francia— en las que la tecnología tiene el papel de disciplina escolar.

En esos términos, la tecnología se halla asociada a la escuela y, como una meta-técnica, a la técnica y al trabajo. En Brasil es muy reciente la ingeniería de producción, como una rama de la ingeniería que cubre en parte la "management engineering". Se prefiere un término apartado de la traducción literal del inglés a fin de evitar el "nor-teamericanocentrismo" y destacar las particularidades del país.¹



Podríamos examinar la ingeniería de producción en función de lo que Marx considera como elementos constitutivos del proceso de trabajo, esto es, el trabajo en sí mismo (el trabajador, su energía y su habilidad), el objeto del trabajo (los materiales sobre los que el trabajador ejerce su actividad transformadora) y los medios de trabajo (utensilios, herramientas, instrumentos y máquinas) que amplían o permiten mayor precisión a la actividad transformadora del trabajador. Tales elementos constitutivos (que recuerdan las causas aristotélicas) pueden servir de apoyo para clasificar la tecnología en: tecnología del trabajo, que abarca todo lo referente a la energía gastada en el trabajo, la capacitación técnica y la formación profesional, la adecuación de los recursos mecánicos al trabajo y al trabajador (ergonomía), la seguridad e higiene en el trabajo, etc.; tecnología del objeto del trabajo, que implica básicamente el estudio de los materiales que habrán de ser transformados. Son los materiales naturales, como las maderas y minerales en general, las fibras vegetales y animales, poco mejoradas, y los modernos materiales sintéticos, que han dado lugar en nuestros días a una "segunda naturaleza"; tecnología de los medios de trabajo, que estudia precisamente los medios mencionados antes; tecnología básica o praxiología, donde se es-

tudia los medios generalmente al servicio de otras ramas de la tecnología, como son los sistemas de medidas, las normas técnicas, las cuestiones de eficiencia y costos, la cibernética, informática, entre otras.

Con estas cuatro áreas podríamos construir un modelo geométrico de representación, que sería un tetraedro donde cada cara representa (sin escala) las áreas citadas, con la ventaja de que se muestran las interfaces, ya que en un tetraedro cada una de las caras limita con el resto.

De esta manera, planteadas las cuestiones iniciales a manera de premisas, ¿cómo se puede analizar, conceptualizar y descubrir el origen de la brecha tecnológica y sus relaciones con las ciencias y la técnica?

Si partimos de la noción de tecnología como ciencia aplicada, una brecha se debería al atraso de los conocimientos científicos y de sus limitaciones en los países poco desarrollados. El salto sobre tal brecha sólo podría darse ampliando y profundizando los conocimientos científicos, particularmente de las ciencias básicas (concepto que contempla en sí la idea de la dicotomía entre ciencia básica y aplicada). Este punto de vista se halla muy difundido y apenas en fecha reciente ha sido criticado, algunas veces en un tono radical, como el de Jean Jacques Salomon, quien cuestiona la necesidad de la ciencia básica como apoyo único para el progreso en el ámbito de la tecnología.²

Si dejamos a un lado, por simplista y parcial, la tesis de la "ciencia aplicada", que ignora la comunicación entre teoría y práctica, estableciendo una relación unívoca, nos queda examinar las otras acepciones mencionadas anteriormente.

La acepción anglo-americana, en la actualidad muy difundida, no permite, a mi entender, avanzar mucho en este tipo de investigación. Vasto y caótico, el campo semántico de "technology" sólo agrega o resta significados, sin ofrecernos algún indicio de un posible ordenamiento o estudio de su origen. Quedaría así el análisis de los orígenes de la actual brecha tecnológica, teniendo en cuenta el modelo tetraédrico citado. Es claro que dicho modelo no es suficiente para explicar otros factores de

desarrollo tecnológico. Existen cuestiones que trascienden el ámbito específico de la tecnología, aunque tengan con ella relaciones más o menos estrechas. Es el caso del proceso colonial y de la explotación meramente depredadora de los recursos naturales. Es también el caso del actual sistema financiero mundial, que arrastra a los países dependientes con su caudal opresivo de divisas internas y externas, situación para la que los más optimistas no ven alternativas en el corto plazo. Asimismo, es preciso no perder de vista que la afirmación de independencia de los países de Latinoamérica que se da en forma paralela a este agravamiento de la situación es notable, no sólo en los aspectos económicos, que son los más críticos, sino en los procesos de afirmación cultural y artística.

Ahora bien, veamos en qué medida el modelo propuesto se puede constituir en una vía, en un método de análisis de la brecha tecnológica. Al presentar un método, no se pretende particularizar tales cuestiones; lo que se propone es más una tendencia general que un estudio profundo. Así, sobre el punto de vista de la tecnología del trabajo cabe considerar: 1) la cuestión del trabajo esclavizado, que en Brasil no desapareció sino hasta 1888; 2) la tibieza del sistema de asociaciones de oficios en Brasil, las cuales, a pesar de que en términos oficiales habían desaparecido en 1824, nunca tuvieron expresión y fuerza durante los tres siglos de vida colonial, que fueron más bien rurales mientras que el carácter de las asociaciones de oficios era necesariamente urbano; 3) la dispersión y la discreta presencia de las clases trabajadoras, cuyas organizaciones apenas comienzan a aparecer a partir de 1870; 4) la existencia en extensas áreas del territorio nacional de numerosos grupos de trabajadores que vivían al margen y sin poder convertirse en propietarios de la tierra; 5) la poca remuneración del trabajo asalariado; 6) la insuficiente instrucción técnico-profesional, particularmente en el nivel medio, que se implantó en Brasil en las últimas décadas del siglo XIX. Fueron fundados entonces varios liceos de artes y oficios por iniciativa de entidades particulares. Al inicio del periodo republicano, en 1909, se crean por decreto presidencial 19 escuelas industriales en el país, pero no fue sino hasta la década de los años 20 cuando son reglamentadas y estructuradas; 7) la actividad minera se vio beneficiada, en términos



tecnológicos, por la creación de la Escuela de Minas de Ouro Preto (Minas Gerais); 8) otros aspectos de esta cuestión que son abordados por la historia de la técnica, la del trabajo y la de la industrialización en Brasil.

Respecto de la tecnología de los materiales, desde la extracción del Palo de Brasil y de otras esencias, como el índigo, era común que los productos naturales se exportaran en bruto, en la mayoría de los casos con poco o ningún beneficio que pudiera significar un valor agregado por el trabajo local. Eso persiste de modo evidente en la exportación de minerales, y todavía hoy en el café en grano crudo, azúcar mascabado, soya, etc. En el caso del mineral de hierro, hubo al inicio del siglo XIX tentativas de instalar plantas siderúrgicas en Brasil, lo cual apenas se hizo realidad en el comienzo del presente siglo. Algunos de los materiales para la construcción, como la madera, piedra, arena y cal, fueron empleados desde el inicio de la ocupación del territorio por el colonizador en la construcción de edificios y fortalezas, así como en la carpintería naval. También se utilizó madera en notables obras de arte, no sólo arquitectónicas, sino también en tallado y muebles. Vale la pena observar que las obras de tierra y de concreto armado, importantes

para la puesta en marcha del sistema vial (carreteras de hierro y de rodaje) y el gran número de plantas hidroeléctricas, construidas a partir de 1947, sólo será objeto de estudios propiamente tecnológicos a partir de los centros de ensayos e investigaciones relacionados con las escuelas de ingeniería, como fue el caso de la Oficina de Resistencia de Materiales de la Escuela Politécnica de Sao Paulo (1899). Hacia finales de siglo se iniciaron diversas actividades industriales en el sector de los materiales, como por ejemplo las que se refieren a la cerámica, cemento y vidrio. Debe destacarse la fundación de la Universidad Técnica de Río Grande do Sul, donde ya en 1900, en Porto Alegre, se impartían cursos de agricultura y veterinaria, electricidad, mecánica y química industriales. Los materiales de origen vegetal de uso industrial o alimenticio se ven favorecidos con la creación de los institutos de agronomía en los últimos años del Imperio (Campinas y Rio de Janeiro, 1887) y con las investigaciones tecnológicas sobre la madera en sus diferentes aplicaciones.

Uno de los materiales cuya importancia frecuentemente se olvida es el agua, de la cual depende en gran medida la actividades industrial, e inclusive la más antigua actividad transformadora

del hombre, es decir, la preparación de alimentos. La captación, tratamiento y distribución de agua potable exigirá investigaciones y estudios de naturaleza tecnológica llevados a cabo en Brasil desde mediados del siglo pasado. Es evidente que los casos citados constituyen ejemplos que no agotan el papel, siempre abierto, de actividades relativas a la tecnología de los materiales.

En cuanto a la tecnología de los medios de trabajo, diríamos sin temor que la primera máquina que se empleó en Brasil fue un molino de caña de azúcar. Su construcción y mejoras que le fueron incorporadas tuvieron su origen en la práctica, sin ningún tipo de investigación tecnológica hasta por lo menos mediados del siglo XIX. Es muy probable que fuera entonces cuando se establece en los ingenios y en la navegación de Brasil la tecnología relativa a las máquinas posteriores que utilizan el motor de vapor (principios de siglo) y la construcción de máquinas en talleres como los de los astilleros de Ponta da Areia, en Niterói (Rio de Janeiro), propiedad del Barón de Mauá, a quien se debe también la primera carretera de hierro en el país (1854) y la producción de gas de hulla para iluminación ese mismo año. Durante la década de 1870 se intensifica el uso de máquinas para beneficiar el café. La primera de ellas fue de fabricación estadounidense-Lidgerwood-, seguida de máquinas concebidas y fabricadas en Brasil. A pesar de estas iniciativas dispersas, la investigación tecnológica sólo se establece en las escuelas (Liceos de Artes y Oficios e Ingeniería) hacia fines del siglo pasado.

Por lo que respecta a la tecnología básica o praxiológica, podemos destacar dos indicios que consideramos significativos para el siglo XIX. El primero de ellos es la adopción oficial y legal del sistema métrico en 1862, y el segundo es la constitución de una comisión formada en 1876 por ingenieros y arquitectos con el fin de elaborar un léxico técnico. Se trata del comienzo de un camino que conduciría a la fundación de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) en 1940. Los demás sectores de la tecnología básica, como la cibernética, la informática, la robótica y otros, se hallan íntimamente ligados a la actividad industrial y podemos inferir que tienen en ella su campo de aplicación más importante; sin embargo, hay que destacar que, por ejemplo, la informática tiene su



mayor campo de aplicación en estos primeros momentos después de su aparición en la actividad comercial, en los bancos y en el tratamiento de información que en la mayor parte de los casos no se refiere a la actividad productiva material. También, las propias actividades de ocio y las empresas artísticas se van penetrando de la informática.

La brecha tecnológica

Los ejemplos históricos citados nos dan cierta idea de lo que ha sido el desarrollo tecnológico en Brasil. Han cobrado un precio al país y a sus pobladores, que aún viven en condiciones precarias de alimentación y salud, soportan altos niveles de mortandad infantil, ínfimos índices de educación y comodidad social, y enfrentan un despiadado deterioro del medio. No obstante, en lo esencial, este progreso tecnológico fue realizado en casa, con cierta participación extranjera, en ocasiones importante, aunque pagada con el sudor y la sangre de los brasileños. Es verdad que el progreso de tales sectores de la tecnología adquirió impulso después de la Segunda Guerra Mundial y de la consecuente redistribución y concentración del poder económico. También es cierto que lo que se había hecho hasta entonces poco valía frente a lo que estaba

sucediendo en el sector. Queda de todo esto un dilema fundamental: ¿transpone o no la brecha tecnológica los diversos niveles? No cabe una respuesta futurista que no tenga que ver con nuestros propósitos, con nuestros proyectos y participación para convertirlos en realidad. Tal esfuerzo debemos llevarlo a cabo nosotros mismos, ya que de fuera poco tenemos que esperar. Hay que hacerlo de una manera antropófaga-devorando al enemigo para adquirir sus cualidades-y democrática, a fin de que lo que se obtenga se logre para la mayor parte de la población. No se trata de informatizar los datos sobre la pobreza, la docencia y el analfabetismo, excepto como un paso en busca de soluciones. Esto depende de actos de voluntad soberana, y habremos de tenerla "si con tal fuerza me ayudan el ingenio y el arte".

Notas

1. Ruy Aguiar da Silva Leme, *História da Engenharia de Produção*. Universidade Federal de S. Catarina.
 2. J.J. Salomon, "Ciência, Tecnologia e o Futuro", en *O Futuro Hoje*, CNPq, 1988-89.
- Además de las obras anteriores, véase Ruy Gama, *A Tecnologia e o Trabalho na História*. Nobel/EDUSP, Sao Paulo, 1987.



Información para los autores de Avance y Perspectiva

La revista *Avance y Perspectiva* (A y P), órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica. A y P publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos y notas que se propongan para ser publicados en A y P deben enviarse por triplicado a:

Editor, Avance y Perspectiva
Secretaría Académica
CINVESTAV
Apdo. Postal 14-740
07000 México, D. F.
Tel. 586 4237

Los artículos y notas recibidos serán evaluados por especialistas seleccionados por el Consejo Editorial. Los artículos de divulgación deben dar cuenta de los logros o avances obtenidos en las especialidades que se cultivan en el CINVESTAV. Se buscará que su contenido sea ameno y novedoso. Deberán estar escritos a máquina, a doble espacio, con márgenes amplios y extensión máxima de 20 cuartillas. El lenguaje debe ser accesible a estudiantes de licenciatura sin perjuicio de la información científica o académica contenida en el artículo. Cuando sea necesario el uso de tecnicismos, deberá explicarse su significado con la amplitud conveniente. Se recomienda la inclusión de recuadros que aclaren el significado de conceptos de difícil comprensión. Dentro de lo posible, se evitará el uso de fórmulas y ecuaciones. Los artículos pueden tener subtítulos o incisos y un resumen al principio, no mayor de cinco líneas, a manera de introducción, que atraiga el interés del lector. Las referencias bibliográficas aparecerán completas al final del texto; cuando se mencionen en el artículo deberán indicarse con un superíndice y estar numeradas por orden de aparición.

Deberán enviarse los originales de las figuras, gráficas o fotografías que acompañen el texto. Las figuras y gráficas se deben preparar con tinta china sobre papel albanene o mantequilla de buena calidad. Los autores recibirán las pruebas de galera de sus artículos con la debida anticipación. Sin embargo, para evitar retrasos en el proceso de publicación, sólo se aceptarán en esta etapa correcciones mínimas al texto original. Para agilizar el proceso de publicación, los autores que usen un procesador de textos en microcomputadora, además del texto impreso en papel, deben enviar su texto grabado en un disco flexible. Los procesadores de textos útiles para este propósito son: *Microsoft Word*, *Word Perfect*, *PC Write*, *Xi Write III*, *Wordstar* y *Multimate*.

IV Escuela Mexicana de Partículas
y Campos
Taller Latinoamericano de Fenomenología
de las
Interacciones Fundamentales
Simposio sobre la Física y Tecnología del
Supercolisionador Superconductor

— Guanajuato, Gto., 3 al 17 de diciembre de 1990 —

Programa

Rompimiento dinámico de simetría,

Thomas Appelquist,

U. de Yale, EUA.

Masas y momentos magnéticos de neutrinos,

K.S. Babu,

U. de Maryland, EUA.

Modelos quirales,

Carlos García Canal,

U. de la Plata, Argentina.

Avances recientes en la violación de CP,

Belén Gavela,

CERN, Suiza.

Física en el LEP,

Enrique Fernández,

CERN, Suiza.

Neutrinos en un medio,

José F. Nieves,

U. de Puerto Rico, P.R.

Más allá del Modelo Estándar,

Lev Okun,

Academia de Ciencias, URSS.

Estado de las mediciones de precisión en el Modelo Estándar,

Jonathan Rosner,

U. de Chicago, EUA.

Información: Dr. Arnulfo Zepeda, Departamento de Física, Cinvestav, Apdo.
Postal 14-740, 07000, México, D.F., Tel.: 754-68-01 ext. 6589.



CENTRO DE INVESTIGACION
Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL IPN