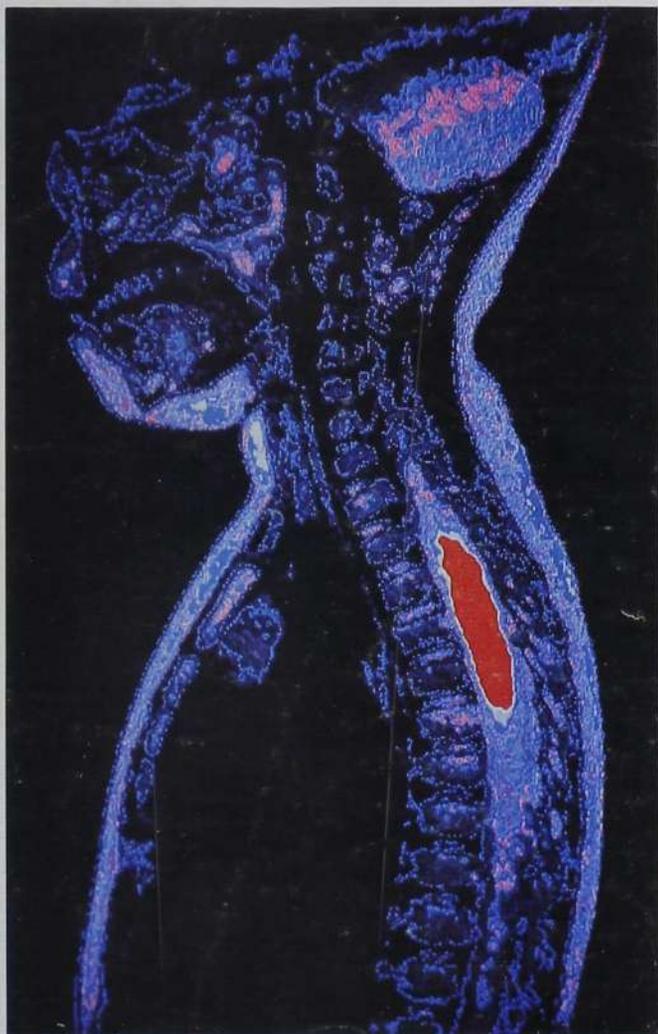




AVANCE Y PERSPECTIVA

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

México ISSN 0185-1411
Distribución gratuita



BIBLIOTECA
DISCIPLINA BIOLÓGICA
CINVESTAV

**XXV aniversario
del Departamento
de Química**

**A 20 años
de la muerte
de Arturo
Rosenblueth**

**Entrevista con
Héctor Nava
Jaimes**

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 —

PRIMAVERA 1991

Examen de admisión

4 y 5 de marzo

Cursos propedéuticos

11 de marzo al 31 de mayo

VERANO DE 1991

Examen de admisión

10 y 11 de marzo

Cursos propedéuticos

15 de junio al 21 de agosto

Inicio de cursos de maestría

2 de septiembre

Para mayor información:

Apdo. Postal 14-740

07000

México, D.F.

Tel. 754-68-01

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

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, CINEVESTAV, es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica del CINEVESTAV. El número correspondiente a octubre-diciembre, volumen 9, se terminó de imprimir en noviembre 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 CINEVESTAV. 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

XXV aniversario del Departamento de Química	
	Sin la Química nada funciona
<i>Rosalinda Contreras</i>	211
	La resonancia magnética nuclear, un método de análisis químico
<i>Norberto Farfán García</i>	213
	El boro y el tratamiento del cáncer
<i>Rosalinda Contreras</i>	219
	Cuando los químicos orgánicos se enamoraron de la simetría
<i>Angelina Flores Parra</i>	225
	Cúmulos metálicos. Un punto de vista químico
<i>Ma. del Jesús Rosales Hoz</i>	229
	Las celdas de combustible: Una fuente alternativa de energía
<i>Omar Solorza Feria</i>	233
	La química del fin de siglo
<i>Luis Alfonso Torres Gómez</i>	239
	¿Por qué es necesario un posgrado en química?
<i>Angeles Paz Sandoval</i>	245
Perspectivas	
	Entrevista con Héctor O. Nava Jaimes
	248
Avances de Ciencia y Tecnología	
Los Premios Nobel en Física y Química 1990	
	¿Es el protón una partícula elemental? <i>Alfonso Rosado</i>
	261
	Elias James Corey, Premio Nobel de Química 1990
<i>Angelina Flores Parra</i>	262
XX aniversario del Fallecimiento de Arturo Rosenblueth	
	Presentación
<i>Hugo Aréchiga</i>	263
	Arturo Rosenblueth: Su filosofía
<i>Juan García Ramos</i>	265
	La contribución científica de Arturo Rosenblueth
<i>Pablo Rusdomín</i>	268
	Arturo Rosenblueth: Director fundador del CINEVESTAV
<i>Héctor O. Nava Jaimes</i>	279
Noticias del Centro	
	284
Documentos	
	Cincuenta años de Ciencia
<i>Adolfo Martínez Palomo</i>	290
	Luis Herrera Estrella: Preparación y oportunidad
<i>Manuel V. Ortega</i>	293
	Investigación en biotecnología en Guanajuato
<i>Ariel Alvarez Morales</i>	295
Espacio abierto	
	David Baltimore: perfil de un investigador
<i>David Pendlebury</i>	297
Índice del volumen 9	
	301

Portada

Imagen por resonancia magnética nuclear que muestra un tumor canceroso situado en la columna vertebral Hospital Abbott Northwestern, Minneapolis.



XXV aniversario del Departamento de Química

Sin la Química nada funciona

Rosalinda Contreras

Estas son las palabras que usa el profesor Guy Ourisson en el último número de la revista *La Recherche* para mostrar la ubicuidad de la química y su creciente influencia en la actividad humana y en el fuerte desarrollo industrial moderno.

La química ocupa junto con la física el segundo nivel en las ciencias exactas. El lenguaje que las describe son las matemáticas, que son la ciencia más básica. La química a su vez es la ciencia fundamental de la biología: todo proceso biológico involucra un proceso químico. Por otro lado, no es posible encontrar una industria o una actividad humana en la que la química no intervenga.

La economía y el progreso moderno dependen del desarrollo y de la amplitud de las industrias de transformación. La explotación racional de los recursos naturales, como minerales, petróleo, forestales, etc., depende de la calidad de los expertos químicos que un país posea. El control de la contaminación y su detección son también un asunto de químicos. El bienestar y la salud humanas dependen del desarrollo de fármacos y de productos necesarios para la higiene. Las materias primas para fabricar vestidos, automóviles, mobiliario, edificios, provienen de la industria química. Los ejemplos

pueden ser abundantes. El progreso económico de Alemania depende de su sólida industria química, alimentada por los más de tres mil doctores en química que se gradúan cada año. El *Chemical Abstracts* citó la aparición de 232,109 trabajos originales de química publicados en 1989 en revistas científicas serias. La revolución tecnológica en la metodología de la investigación hace prever en el futuro cercano una revolución científica sin precedentes en esta ciencia. Todo lo anterior ilustra la importancia de la química en los tiempos modernos. En este contexto, el Departamento de Química del CINVESTAV llega a los 25 años, edad asociada a la madurez tras un largo esfuerzo de consolidación. Actualmente cuenta con 12 profesores y 33 estudiantes de posgrado. El Departamento es reconocido en el país y en el extranjero por su trabajo de investigación serio: en él se cultivan varias especialidades de la química moderna, se distingue por su dinamismo en la preparación de expertos y sus profesores hacen una amplia tarea de divulgación científica. En el presente número de *Avance y Perspectiva* se da una muestra de esta actividad.

El Departamento ha modernizado su programa de estudios de posgrado en 1990 y abrió en

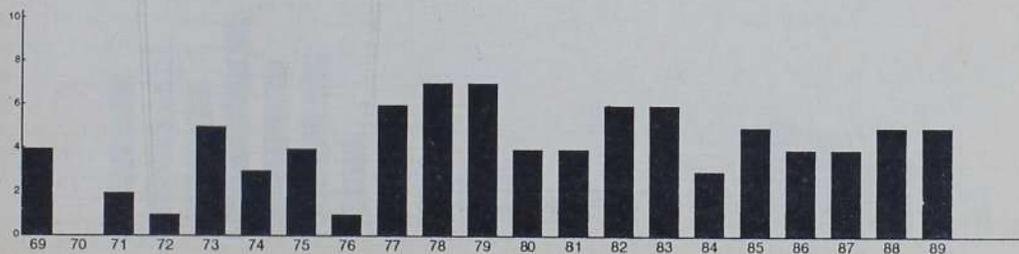


Figura 1. Maestros en Ciencias.

septiembre pasado su programa de doctorado directo sin maestría. La selección de nuevos profesores es rigurosa: todos son miembros del SNI y todos son profesores titulares, a excepción de una profesora recién contratada que hará las solicitudes respectivas en las próximas promociones.

Todos los profesores publican activamente; el 80% de ellos tiene menos de 40 años. La selección de estudiantes también es muy cuidadosa. Tenemos 16 estudiantes de doctorado y 17 de maestría. Los

datos estadísticos del Departamento se muestran en las gráficas; a pesar de los números pequeños, el Departamento de Química contribuye con un porcentaje elevado a toda la producción de posgraduados de química en el país. Sus grados son reconocidos por su calidad, como se da evidencia en las publicaciones internacionales a que dan lugar.

Los próximos años serán para el Departamento un reto importante. Además, deberá convencer a las autoridades de la importancia de la química como un interés vital para el desarrollo de México.

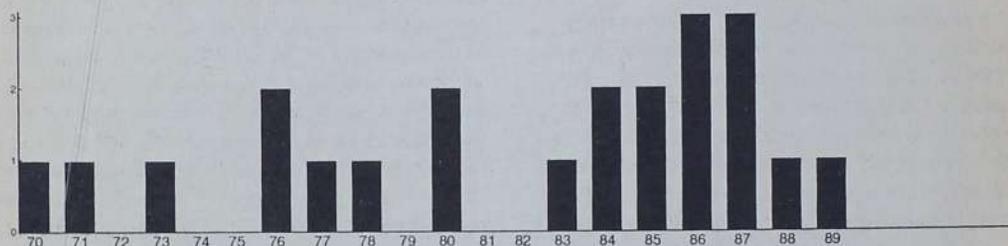


Figura 2. Doctores en Ciencias.

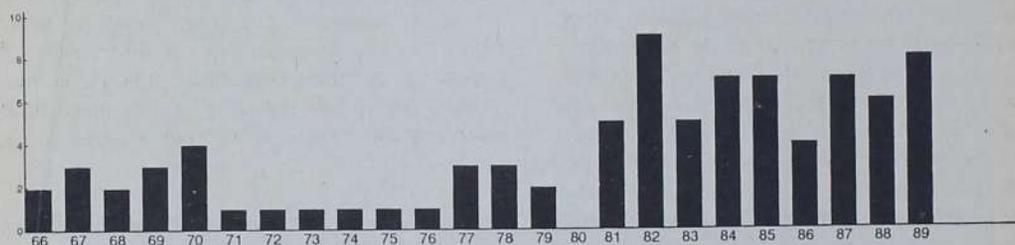


Figura 3. Tesis de Licenciatura 1966-1989.

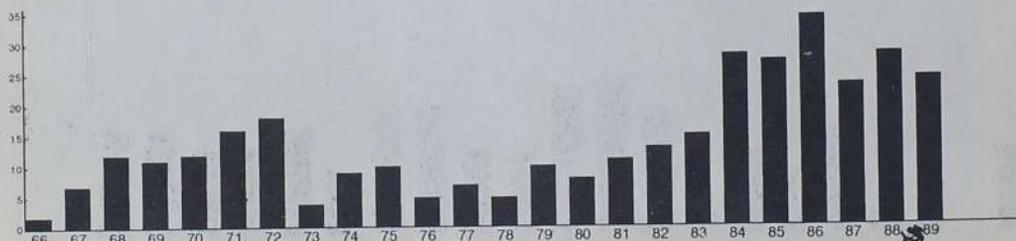
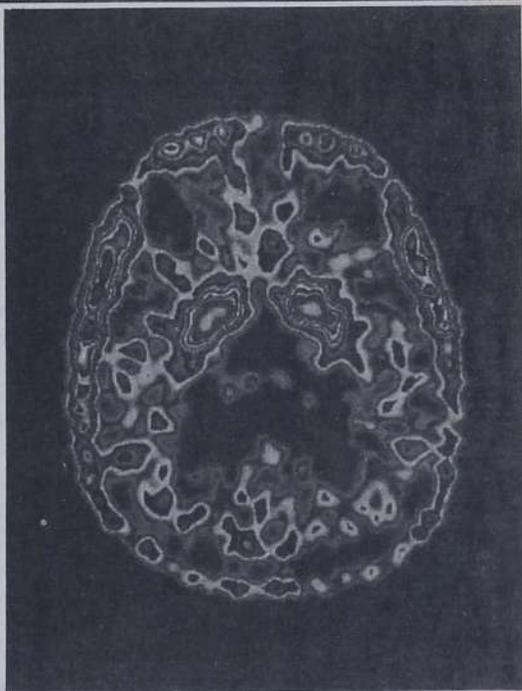
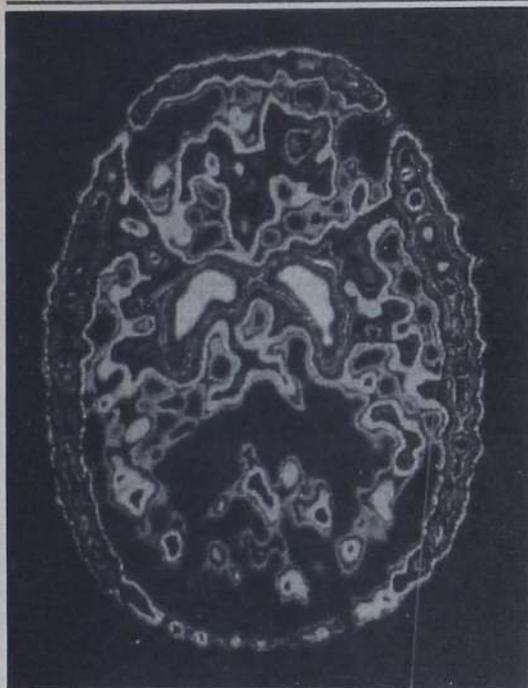


Figura 4. Artículos científicos publicados 1966-1989.

La Resonancia Magnética Nuclear, un método de análisis químico

*Hasta hace poco tiempo una útil herramienta de análisis químico,
la técnica de resonancia magnética nuclear tiene ahora muchas aplicaciones médicas.*



Norberto Farfán García

La resonancia magnética nuclear (RMN) es una técnica poderosa de análisis instrumental, que permite obtener información sobre el medio ambiente químico que rodea a un núcleo atómico, el número de átomos con los que interacciona y, en algunos casos, también proporciona información sobre el número de átomos que forma una molécula. Además, tiene la ventaja de ser una técnica no destructiva, es decir, la muestra puede recuperarse después del

experimento. Esta técnica se usa para elucidar estructuras moleculares, analizar mezclas, identificar compuestos químicos, observar la evolución de las reacciones, determinar las energías necesarias para hacer cambios de conformación de las moléculas, estudiar procesos de equilibrio y, en ocasiones determinar parámetros fisicoquímicos.

El análisis de la RMN se utiliza principalmente para estudiar soluciones. Los estudios de RMN en sólidos se han incrementado en la actualidad debido al desarrollo de técnicas en las que se pueden obtener espectros con mayor resolución, lo que abre las posibilidades de su uso a los químicos y físicos que trabajan con minerales y materiales sólidos.

El Dr. Norberto Farfán García es profesor adjunto del Departamento de Química del Cinvestav. Es químico de la Universidad Autónoma de Puebla y doctor en ciencias (Química Orgánica) del Cinvestav. Su campo de investigación es la síntesis y espectroscopia de compuestos de heterociclos del boro.

dos como polímeros y cerámicos. La RMN en gases es menos común ya que las señales son más anchas que en los líquidos.

El incremento de las publicaciones científicas en química a partir de mediados de la década de los años cincuenta, hace evidente el avance que ha tenido la química desde la puesta en marcha de los equipos de RMN. Las publicaciones científicas relacionadas con la caracterización de nuevas estructuras orgánicas y organometálicas deben reportar los datos de RMN usados como soporte de las estructuras propuestas.

El avance tecnológico ha beneficiado a toda la humanidad y los químicos gozan también de ese privilegio, ya que el desarrollo actual de los métodos espectroscópicos permite realizar la determinación de estructuras y los análisis con mayor rapidez. En el pasado y durante las primeras seis décadas del presente siglo, un químico tenía que efectuar un sinnúmero de reacciones degradativas para identificar un compuesto, lo cual podía significar meses o hasta años de trabajo. En la actualidad los químicos orgánicos cuentan con métodos instrumentales de análisis, como la resonancia magnética nuclear, el infrarrojo y ultravioleta, además de la espectrometría de masas y la difracción de rayos X, que permiten obtener la información necesaria para la obtención de la estructura molecular en cuestión de minutos. De esta manera, el químico trabaja con mayor eficiencia haciendo sus transformaciones o identificando compuestos con la ayuda de estas herramientas. De aquí la importancia de que los laboratorios se encuentren equipados con aparatos de RMN.

Bases de la técnica

El fenómeno de la resonancia magnética nuclear fue descubierto en 1945 por dos grupos de físicos que trabajaban en forma independiente: E.M. Purcell, H.G. Torrey y R.V. Pound en la Universidad de Harvard;¹ y F. Bloch, W.W. Hansen y M.E. Packard en la Universidad de Stanford.² La importancia de este descubrimiento los hizo merecedores del Premio Nobel de Física en 1952. En 1951 se publicó el espectro del etanol, en el cual se observaban

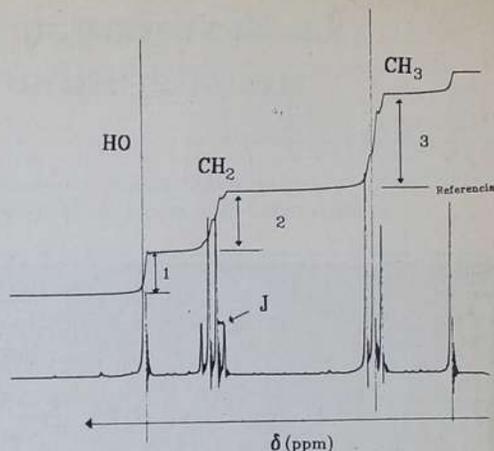


Figura 1. Espectro de RMN de protón de etanol.

tres señales diferentes para las tres clases de hidrógenos que posee la molécula³ (Figura 1), lo que propició un avance considerable de este método espectroscópico. En la década de los años cincuenta aparecieron los primeros equipos comerciales de RMN para la observación de protones, convirtiéndose así la RMN en una herramienta de gran utilidad para los químicos.

El estudio del fenómeno de la RMN se lleva a efecto sobre los núcleos de los átomos. En ausencia de un campo magnético, los núcleos de los átomos se encuentran orientados de una manera aleatoria (Figura 2b). Al colocarlos dentro del campo magnético de un imán, los núcleos tienden a orientarse en la dirección del campo (Figura 2c); sin embargo, éstos se resisten y comienzan a precesar (es decir, giran como lo hace un trompo cuando se mueve fuera de su centro de gravedad) a una velocidad específica, esto es, a una determinada frecuencia (Figura 2d). Cuando se excita a los protones por medio de un transmisor a la misma frecuencia a la que precesan (Figura 2e), se orientan regresando posteriormente a su posición original. Durante este tiempo los núcleos emiten una señal que se amplifica y grafica, y a la que se conoce como espectro (Figura 2f).

El fenómeno se observa en núcleos que tienen número de masa o número de carga no, ya que poseen espín nuclear y, como consecuencia, momento magnético nuclear (Figura 2a). El hecho

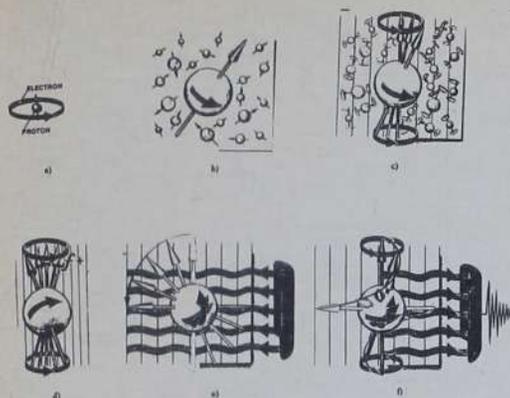


Figura 2. a) Se muestra el espín nuclear del átomo de hidrógeno, b) núcleos de los átomos que se encuentran orientados de una manera aleatoria, c) núcleos dentro de un campo magnético, d) núcleo en movimiento precesional a una determinada frecuencia, e) núcleos excitados por medio de un transmisor de radio frecuencia f) respuesta de los átomos después de excitarlos¹¹.

de que los primeros estudios estuvieran relacionados con los núcleos de hidrógeno, se debe a que el protón, el núcleo del isótopo más abundante de hidrógeno, tiene tanto número de masa como número de carga ones.

Espectro de RMN

Para la determinación de un espectro de alta resolución de un sistema líquido es necesario colocar la muestra dentro de un tubo construido con material especial, en un disolvente que no posea núcleos activos que puedan interferir con la observación de la muestra. Los dos parámetros principales a partir de los cuales podemos obtener información en un espectro de RMN son el desplazamiento químico (δ) y la constante de acoplamiento (J) (Figura 1). El primero depende del medio ambiente químico del núcleo en observación, mientras que la multiplicidad está relacionada con el número de núcleos con los cuales interacciona. Es posible además conocer el número relativo de núcleos de un mismo tipo si se obtiene el área bajo las señales, a la cual se denomina integral.

Las primeras determinaciones de espectros de RMN de carbono-13 se efectuaron en 1957.⁴ Sin embargo, existían grandes dificultades experimentales para la observación de este núcleo debido a que el núcleo activo, C-13, es un isótopo poco abundante; como consecuencia los primeros espectros tenían una resolución baja. El interés de los químicos por obtener mayor información de los núcleos de carbono se debe a que este elemento forma el "esqueleto" de las moléculas orgánicas; su interés los llevó a incorporar el uso de sistemas de cómputo para lograr obtener espectros de carbono-13 fácilmente, lo que convirtió a la RMN de C-13 en un método de análisis sencillo y rutinario. La técnica consiste en excitar a los núcleos de la molécula con un pulso de radiofrecuencia, el cual es del orden de unos microsegundos. Al regresar el núcleo a su estado basal, emite energía la que, a su vez, da un espectro dependiente de tiempo. Si se hace un tratamiento matemático (transformada de Fourier), es posible modificar el espectro dependiente de tiempo en uno dependiente de la frecuencia (Figura 3). Si el proceso del pulso y el tiempo de espera se repite varias veces, se pueden acumular y sumar estos espectros en una computadora y posteriormente transformarlos en otros dependientes de la frecuencia, para tener al final, en minutos, un espectro de un núcleo poco sensible. Esto, además de resolver el problema de la sensibilidad, permite obtener espectros de cantidades pequeñas de

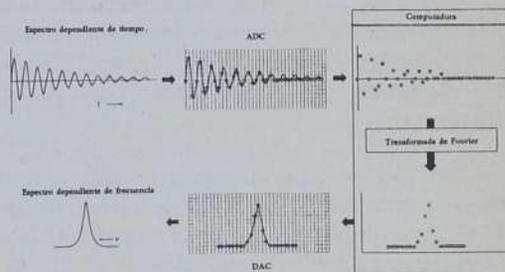


Figura 3. Transformada de un espectro dependiente de tiempo a dependiente de frecuencia¹³.

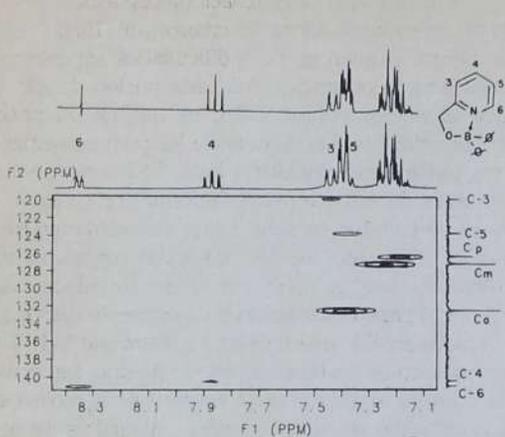


Figura 4. Espectro de dos dimensiones heteronuclear (protón-carbono-13) de un ester difenilborónico del 2-piridil carbinol.

muestra, de microgramos o de compuestos poco solubles. La instrumentación empleada en la RMN ha evolucionado en forma considerable desde su inicio hasta nuestros días. En los primeros equipos el campo magnético se generaba por medio de un electroimán, mientras que en la actualidad se dispone de imanes superconductores enfriados con helio líquido, que generan un campo magnético unas 60,000 veces más fuerte que el de la Tierra, y de 3 a 5 veces más potentes que los electroimanes.

Los avances logrados hasta la fecha hacen posible la observación de núcleos poco sensibles, abren la posibilidad de obtener espectros de resonancia magnética de casi todos los elementos de la tabla periódica y convierten a la RMN en un instrumento vital para el desarrollo de la química de muchos elementos, que hoy en día es un campo virgen.

Este método espectroscópico no sólo permite obtener información sobre la estructura de una molécula, sino estudiar sus movimientos y determinar la energía de los cambios involucrados, estudiar estados de equilibrio, velocidades de reacción, etc.

El desarrollo actual de la RMN como herramienta analítica permite obtener espectros de resonancia magnética nuclear en dos dimensiones en forma rutinaria. Estos espectros proporcionan infor-

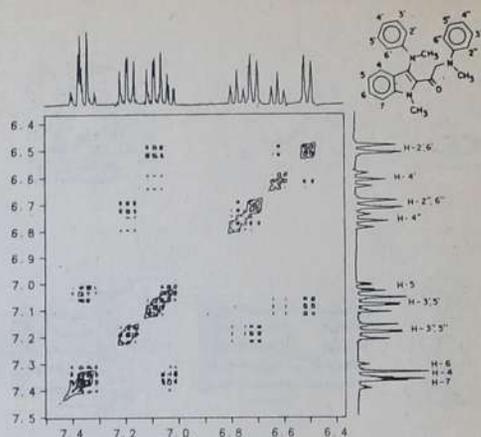


Figura 5. Espectro de dos dimensiones de correlación Homonuclear (HOMCOR) hidrógeno-hidrógeno, del 1-metil-2-(N-fenil-N-fenilglicil-3-N-metilanelino indol).

mación detallada sobre los núcleos vecinos y determinan cuáles están unidos a través de un enlace; también establecen qué núcleos interaccionan magnéticamente entre sí a través de enlaces o del espacio. Entre las técnicas más populares están las llamadas HETCOR (Figura 4), o de correlación heteronuclear⁵ y de CORrelación HOMonuclear⁶ (HOMCOR), también llamadas COSY (Figura 5). Otro ejemplo lo constituyen los espectros en dos dimensiones resueltos en constantes de acoplamiento. Estos experimentos permiten conocer la multiplici-

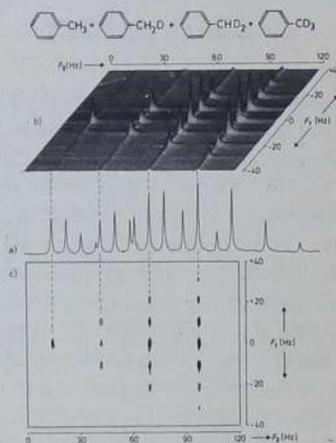


Figura 6. Espectro de dos dimensiones resuelto en constantes de acoplamiento (HET2DJ) de la mezcla de tolueno con diferentes grados de deutерación.¹²

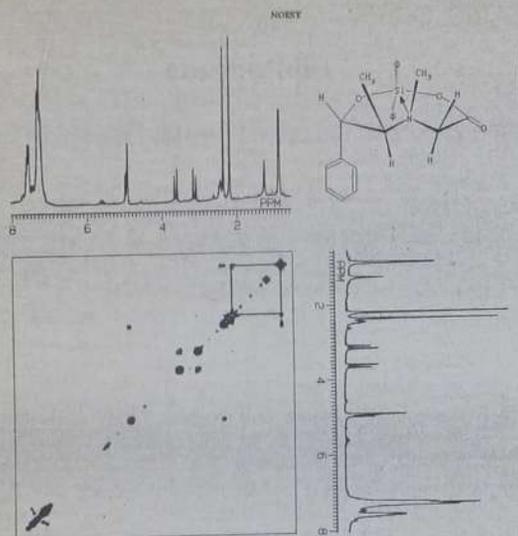


Figura 7. Espectro de dos dimensiones homonuclear de transferencia de magnetización, N-Si(difenil) [N-(s)-metil-N-(etil-4-(s)-metil-5-(s)-fenil-s-hidroxi)amino acetato-0,0',N]silano

dad de un núcleo que interactúa con otro diferente⁷ (HET2DJ) (Figura 6) o con el mismo núcleo⁸ (HOM2DJ), es decir, permiten conocer cuántos núcleos se encuentran unidos con otros. Además está el espectro en dos dimensiones homonuclear de transferencia de magnetización⁹ (NOESY o de Efecto Nuclear Overhauser NOE2D) (Figura 7). Estos espectros proporcionan información sobre núcleos que interactúan entre sí a través del espacio. Permiten conocer los grupos que se encuentran cerca-

nos en el espacio y por lo tanto su estructura tridimensional. Otra modalidad es la gráfica de conectividad carbono-carbono¹⁰ (CCCP), que permite conocer qué átomos de carbono se encuentran conectados entre sí, es decir, nos proporciona la secuencia del esqueleto de una molécula orgánica.

Aplicaciones médicas

Los beneficios proporcionados por la RMN no son exclusivos de los químicos, pues se extienden hoy al campo de la medicina. El libro de H. Günther, *RMN Spectroscopy. An Introduction*¹¹, publicado en 1973, muestra un espectro de resonancia magnética nuclear de protón (imagen) de una rebanada de limón, en el cual se pueden observar las zonas de mayor concentración de protones, provenientes del agua (Figura 8).

Estos primeros experimentos mostraron el potencial de la resonancia magnética nuclear para aplicarse al campo de la medicina, y actualmente en los hospitales más modernos es posible realizar estudios en humanos, que permiten detectar tumores y otro tipo de enfermedades (Figura 9). Vemos así que un descubrimiento realizado por físicos y aplicado de manera rutinaria por químicos ha beneficiado a toda la humanidad.

La aplicación de la RMN en el campo de la medicina permite observar los órganos en funcionamiento y evita que los pacientes sean irradiados con rayos-X. En la actualidad, se encuentran en investigación medicamentos derivado del boro para el tratamiento de tumores cancerosos empleando la imagen por RMN a la frecuencia de observación de Boro-11, gracias a lo cual es posible detectar los sitios en los cuales se acumula esta droga. Es claro entonces que la RMN multinuclear tiene un gran potencial en medicina al permitir detectar los lugares de acción de medicamentos empleando los elementos adecuados, o bien permite determinar el funcionamiento de ciertos órganos empleando la imagen por RMN de los elementos que intervienen en los seres vivos. Dichos elementos podrían ser el fluor, el fósforo, el sodio y el calcio; y la sensibilidad baja de algunos de estos núcleos será un obs-

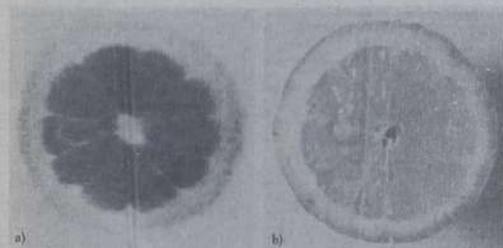
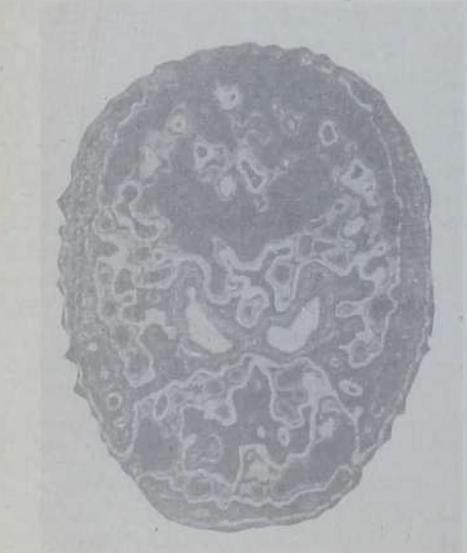


Figura 8. a) espectro de protón imagen de una rebanada de limón b) rebanada de limón.¹³



Figura 9. Imagen por resonancia magnética nuclear del tórax.¹¹



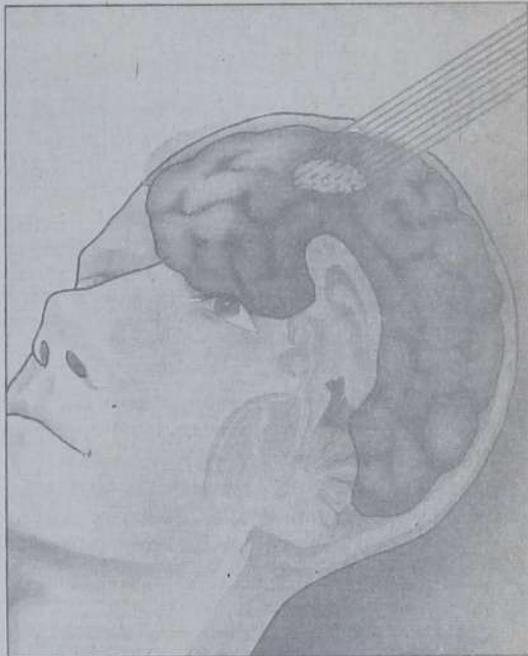
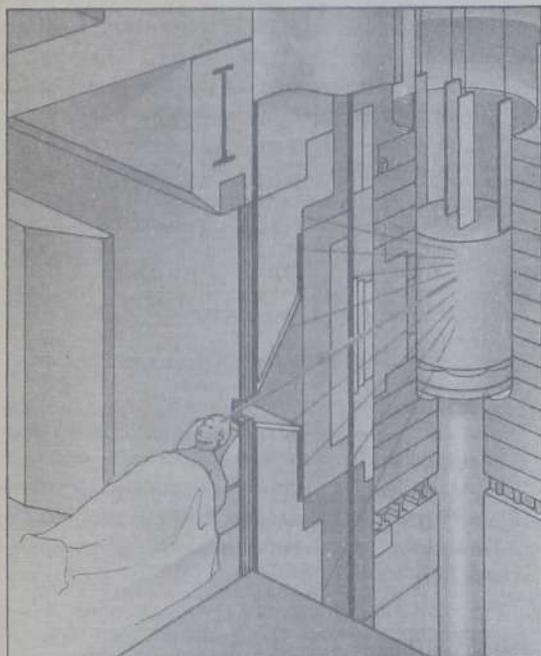
táculo que el hombre sabrá librar, como lo ha demostrado antes.

Bibliografía

1. F. Bloch, W.W. Hansen y M.E. Packard. *Phys. Rev.* **69** 127 (1946).
2. E.M. Purcell, H.C. Torrey y R.V. Pound. *Phys. Rev.* **69** 37 (1946).
3. J.T. Arnold, S.S. Phamatti y M.E. Pacard. *J. Chem. Phys.* **19** 507 (1951).
4. P.C. Lauterbur. *J. Chem. Phys.* **55** 189 (1971).
5. G. Bodenhausen y R. Freeman. *J. Magn. Res.* **28** 471 (1977), A.A. Mandsley, L. Müller y R.R. Ernst. *J. Magn. Res.* **28** 463 (1977). [A.D. Bax y G.A. Morris. *J. Magn. Res.* **42** 501 (1981).
6. K. Nagayama, A. Kumar, K. Wüthrich y R.R. Ernst. *J. Magn. Res.* **40** 321 (1980); A. Bax, R. Freeman, y G. Morris. *J. Magn. Res.* **42** 164 (1981).
7. G. Bodenhausen, R. Freeman, R. Nieder Meyer y D.L. Turner. *J. Magn. Res.* **24** 291 (1976).
8. W.P. Ave, J. Karhan y R.R. Ernst. *J. Chem. Phys.* **65** 426 (1976).
9. B.H. Meier y R.R. Ernst. *J. Amer. Chem. Soc.* **101** 6441 (1979).
10. A. Bax, R. Freeman y T.A. Frenkiel. *J. Amer. Chem. Soc.* **103** 2102 (1981); A. Bax, R. Freeman, T.A. Frenkiel y M.H. Levitt. *J. Magn. Res.* **42** 478 (1981).
11. Figuras tomadas del *National Geographic* **171** 2 (1987).
12. R. Benn y H. Günther, *Angew. Chem. Int. Ed.* **22**, 350 (1983).
13. H. Günther, *RMN Spectroscopy, An Introduction*, John Wiley & Sons, Chichester, Nueva York, Toronto (1980).

El boro y el tratamiento del cáncer

Las posibilidades de desarrollo y aplicación en la interfase de las químicas orgánica e inorgánica son muy amplias. El uso del boro en el tratamiento del cáncer constituye un ejemplo del mar de aplicaciones que



Rosalinda Contreras Theurel

Los derivados orgánicos del boro tienen dos aplicaciones interesantes en el tratamiento del cáncer, una basada en la radioterapia, otra en la quimioterapia. La primera surge con la observación temprana, a principios de siglo, de que el isótopo de masa 10 del boro (boro-10), que se encuentra en un 20% en el elemento natural, es capaz de absorber neutrones de baja intensidad y sufrir una fisión nu-

clear para formar helio y litio y liberar una cantidad muy importante de energía (Figura 1).

Aplicaciones médicas

Los médicos pronto interpretaron las posibilidades de utilización de este fenómeno en la terapéutica de tumores cancerosos. Si se hace que una célula absorba algún compuesto de boro-10 y después se irradia con neutrones lentos, la energía desprendida en la fisión nuclear destruirá la célula, con la ventaja de que no serán tocadas las células que se encuentran a su alrededor. Desde los años treinta

La Dra. Rosalinda Contreras Theurel es química de la Universidad Autónoma de Puebla y doctora en química de la Universidad de Tolosa, Francia. Es profesora titular del Departamento de Química del Cinvestav. Su campo de investigación es la química orgánica de heteroelementos.

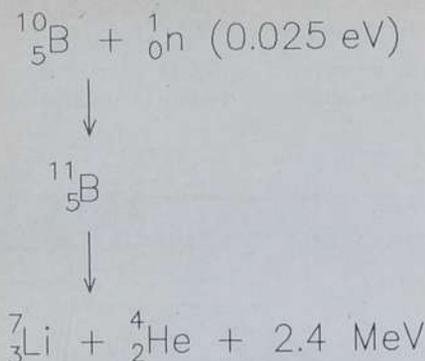


Figura 1. A principios de siglo se descubrió que el isótopo de masa 10 del boro (boro-10), que se encuentra en un 20% en el elemento natural, es capaz de absorber neutrones de baja intensidad y sufrir una fisión nuclear para formar helio y litio y liberar una cantidad muy importante de energía.

se iniciaron las investigaciones para utilizar estas propiedades del boro en el tratamiento del cáncer. Sin embargo, las investigaciones desde esta época hasta los años cincuentas no tuvieron éxito debido fundamentalmente al menor desarrollo científico que se tenía en la química del boro, la física, la electrónica, la computación y la farmacología.

A principios de los ochentas la idea fue retomada con mejores resultados y actualmente es una esperanza tangible en el tratamiento del cáncer.

First human clinical trial of melanoma neutron capture. Diagnosis and therapy

Y. Mishima¹, M. Ichihashi¹, S. Hatai¹, Ch. Honda¹, K. Yamamura¹, T. Nakagawa¹, H. Ohara¹, J. Shirakawa¹, J. Hiratsuka¹, K. Taniyama¹, Ch. Tanaka¹, K. Kanda¹, T. Kobayashi¹, T. Sato¹, M. R. Ishida¹, Y. Ujino², M. Takahashi³, M. Abe⁴, T. Nozaki⁵, O. Aizawa⁶, T. Matsumoto⁷, T. Sato⁸, H. Karachima⁹, K. Yoshino⁹, H. Fukuda⁹

¹Department of Dermatology, ²Department of Anesthesiology, ³Department of Radiology, ⁴Department of Pharmacology, ⁵Special Institute of Cancer Neutron Capture Therapy, ⁶Kobe University School of Medicine, Kobe, Japan; ⁷Research Reactor Institute, Kyoto University, Osaka, Japan; ⁸Department of Radiology, Faculty of Medicine, Kyoto University Kyoto, Japan; ⁹Atomic Energy Research Laboratory, Matsuda Institute of Technology, Kawasumi, Japan; ¹⁰Department of Radiology, Hiroga Medical Center for Adults, Atsugi, Japan; ¹¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Shizuoka University, Maerumizu, Japan; and ¹²Division of Clinical Research¹², National Institute of Radiological Sciences, Chiba, Japan

Basic and preclinical studies

Our success in treating the first human melanoma case with our selective thermal neutron capture therapy using melanoma-seeking ¹⁰B_{para}-boronophenylalanine-HCl (¹⁰B_{para}-BPA-HCl) has been reported. Before describing our first clinical trial, I will briefly summarize the principles of our selective capture therapy for malignant melanoma, developed since 1972. Our target cancer, primary malignant melanoma, shows accentuated melanogenesis, parallel to malignant transformation.

Intestines, Osaka, JCI 1990, 21: 234 (No. 2-3)

Figura 2. Reporte del primer tratamiento exitoso de un melanoma con el tratamiento de captura de neutrones realizado por el grupo de Mishima.

Tanto es así que este diciembre se celebrará el cuarto simposio internacional de la terapia para el cáncer basada en la captura de neutrones. El país que está a la cabeza de las investigaciones es el Japón, con los resultados sorprendentes de los profesores Mishima y Hatanaka. El primero desarrolló el primer tratamiento exitoso de un melanoma por captura de neutrones (Figura 2). Brasil y Australia están también muy involucrados en estas investigaciones en colaboración con los grupos japoneses. Por su parte, la comunidad europea ha iniciado sus investigaciones en colaboración intereuropea. Los Estados Unidos tienen un programa interinstitucional para el desarrollo de esta terapia que abarca a la industria, a los centros de investigación y a las universidades, pero lamentan haber perdido ventaja y que tal vez sus enfermos tengan que viajar al Japón para recibir el tratamiento correspondiente.

Síntesis química

La superioridad vislumbrada del uso de la captura de neutrones sobre el tratamiento tradicional de radioterapia radica en que la destrucción del sistema celular sano es menor, que pueden evitarse las amputaciones y que la expectativa de sobrevivencia es mayor.

Los problemas científicos que hay que resolver para aplicar esta tecnología son de diversa índole. Uno de ellos es la implementación de un avance considerable en la síntesis de nuevos compuestos orgánicos de boro, que contempla un estudio de sus propiedades químicas, fisicoquímicas y espectroscópicas. Todo lo anterior pone de relevancia a los químicos que trabajan en la química del boro, cuyos grupos de investigación principales están en los Estados Unidos y Alemania (Figura 3).

Cuando los compuestos orgánicos de boro son preparados directamente para ser usados en este tipo de tratamiento, es posible realizar un diseño especial en sus moléculas para que la probabilidad de absorción en las células cancerosas sea muy alta y muy baja en las sanas; por ejemplo hacer moléculas combinando al boro con aminoácidos, anticuerpos borados o factores de crecimiento, etcétera.

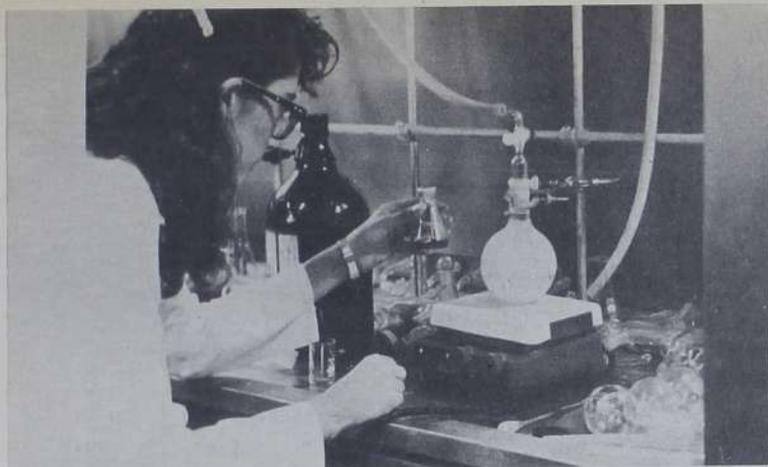


Figura 3. En el tratamiento del cáncer basado en la captura de neutrones por compuestos de boro, el papel del químico es fundamental, pues debe diseñar, sintetizar y determinar las estructuras de boro que serán utilizadas en los enfermos.

Resonancia magnética nuclear

Una vez desarrollada la síntesis química, es necesario estudiar la farmacología, biodistribución y toxicidad de los compuestos de boro. Para esto es necesario recurrir a experimentos en animales. Para contribuir al desarrollo de esta terapia los químicos deben también producir métodos precisos de análisis y cuantificación de boro, pues es necesario detectar cantidades muy pequeñas con una gran exactitud. Aquí, un gran número de científicos está

haciendo su mejor esfuerzo y conviene resaltar que existe un método que es extraordinariamente útil para conocer la distribución de boro en un ser vivo: la aplicación de la resonancia magnética nuclear. Este método de análisis químico descubierto por físicos en 1946, tiene aplicación casi universal; el análisis usa instrumentos sofisticados en los cuales la muestra puede ser estudiada en solución o en estado sólido. La muestra se expone a un campo magnético en el que se orientan sus espines nucleares, después se irradia y la absorción de pequeñas cantidades de energía de radiofrecuencia da la



Figura 4. a) Un químico introduce una sustancia química al magneto de un instrumento de resonancia magnética nuclear en el que será analizada su estructura.

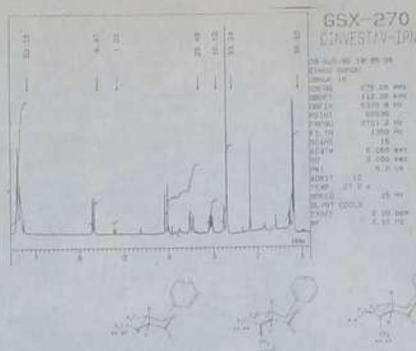


Figura 4. b) se muestra el espectro de resonancia magnética nuclear de una sustancia que contiene boro. Los químicos convierten la información de la gráfica en una estructura molecular como la que se muestra.

información necesaria para obtener las estructuras moleculares (Figura 4).

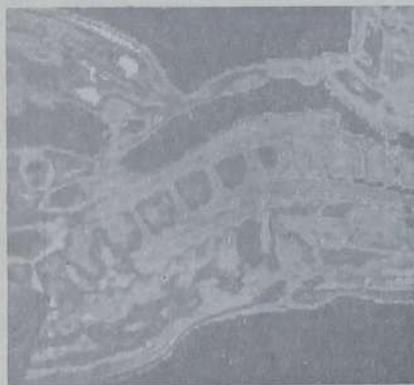
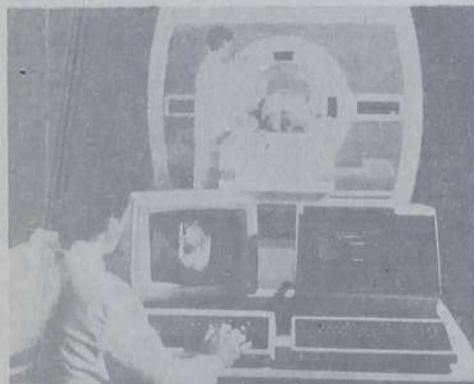


Figura 5. a) Equipo de resonancia magnética nuclear para uso médico. b) Imagen obtenida por la técnica de resonancia magnética nuclear del cuello de un paciente donde se puede apreciar tanto el tejido óseo como el blando. (Tomado de la revista *La Recherche* No. 172, diciembre 1985).

Afortunadamente, esta tecnología ha sido ampliada para ser usada en organismos vivos, en los cuales se obtiene una especie de radiografía en tercera dimensión. Además de proporcionar información sobre la estructura orgánica también es útil para determinar el funcionamiento bioquímico de los órganos observados, y se utiliza ya en los hospitales para la detección de enfermedades (Figura 5).

Los primeros equipos para observar las imágenes en seres vivos están basados en la resonancia de hidrógeno y fósforo. Es tan fina esta tecnología que permite, por ejemplo, diferenciar cerebros normales de los de enfermos mentales. Las mejoras en esta técnica de resonancia magnética nuclear comprenden la detección de otros núcleos atómicos; así, por ejemplo, cuando se sintoniza para la observación del fluor se pueden hacer estudios de cerebros afectados por la enfermedad de Alzheimer (Figura 6).

En el caso del tratamiento del cáncer por compuestos de boro es importante determinar la distribución del boro en el organismo por la técnica de resonancia magnética nuclear de boro-10 o boro-11; para esto es necesario adaptar el hardware y el software de los instrumentos de observación. Hasta hoy el equipo de resonancia magnética nuclear de boro de uso en medicina es todavía de experimentación y permite solamente el análisis en animales no más grandes que un conejo. Con esta técnica se puede saber en qué órganos se absorbe el boro y el grado de selectividad de su absorción en el tumor. Se ha visto que afortunadamente algunos

compuestos se absorben con una alta selectividad en el tumor.

El proceso de irradiación requiere del uso de un reactor nuclear. Los físicos, por su lado, tienen la gran responsabilidad del diseño del reactor nuclear y del estudio de la energía que hay que suministrar para que la irradiación sea eficiente (Figura 7). Junto con los médicos, buscan que el daño orgánico sea mínimo; así, por ejemplo, el reactor nuclear de investigación del Tecnológico de Massachusetts esta siendo usado para estos estudios.

Perspectivas

Entre las sustancias que han tenido más éxito en la clínica para el tratamiento del cáncer por la técnica de captura de neutrones se encuentra la B-10-paraborofenilalanina, análogo de un aminoácido esencial (fenil alanina), que ha sido utilizada por el profesor Mishima. Asimismo el borocaptato de sodio ha sido usado con mucho éxito por el profesor Hanakata para el tratamiento de tumores cerebrales, ambas sustancias se muestran en la Figura 8.

Las investigaciones se han ampliado a otros compuestos; la ingeniería genética tiene su parte en esta investigación con la aportación de anticuer-

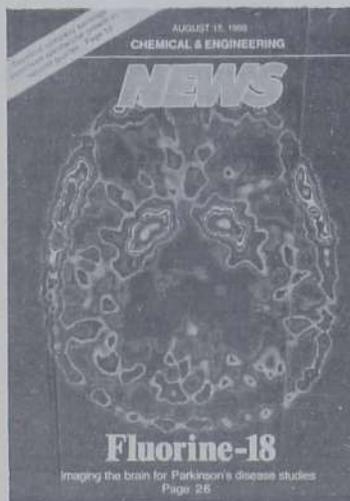


Figura 6. Portada de la revista *Chemical and Engineering News* donde se reporta el uso de la resonancia magnética de fluor-18 para el estudio de la enfermedad de Alzheimer.

Desde hace tiempo el Departamento de Química del CINVESTAV ha contado con un grupo de investigadores que trabajan en la química orgánica de heteroelementos, es decir, en la combinación de compuestos orgánicos con elementos no orgánicos. Entre los temas más estudiados están los derivados del boro. En estos estudios se han construido derivados heterociclos de boro con aminoácidos, etanolaminas, poliaminas, etc., y también se han estudiado complejos de coordinación con ácidos de Lewis, como el borano o el trifluoruro de boro y derivados de aminas y alcaloides, que han servido como instrumentos de análisis estereoquímico. Algunos de los compuestos obtenidos y estudiados por el grupo mexicano aparecen en la Figura 10.

pos de tumor borados obtenidos por clonación. Estas sustancias, que son obtenidas del cultivo de células modificadas, tan pronto como son introducidas al organismo se dirigen al tumor haciendo más fácil la absorción del boro en el mismo.

Quimioterapia

La segunda aplicación de los compuestos de boro en el tratamiento del cáncer con compuestos de

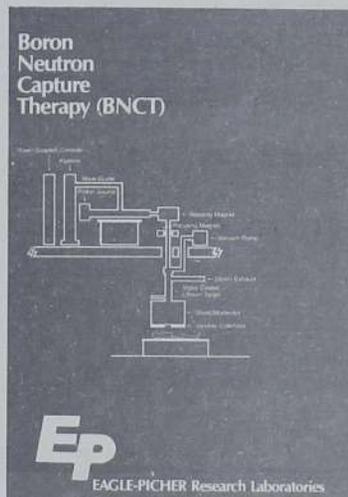


Figura 7. Diseño de un reactor de neutrones lentos para ser usado en el tratamiento del cáncer por el método de captura de neutrones por compuestos de boro.

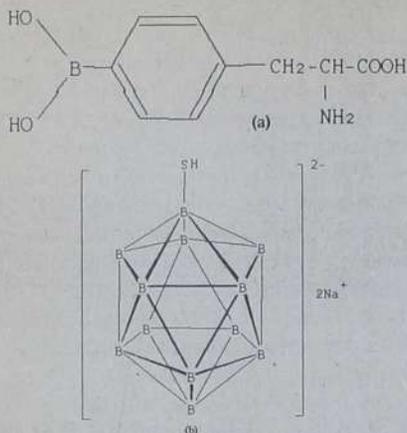


Figura 8. Entre las sustancias que han tenido más éxito en el tratamiento del cáncer se encuentra la B-10-*paraborofenilalanina* (a) análoga de un aminoácido esencial, la fenil alanina utilizada por Mishima, y el borocaptato de sodio (b) usado con mucho éxito por Hanakata para el tratamiento de tumores cerebrales.

boro es todavía muy incipiente; está basada en la quimioterapia en la que los compuestos químicos utilizados para matar directamente las células cancerosas son compuestos de boro heterocíclicos, o análogos de boro de aminoácidos como los que se muestran en la Figura 9. La ventaja de los com-

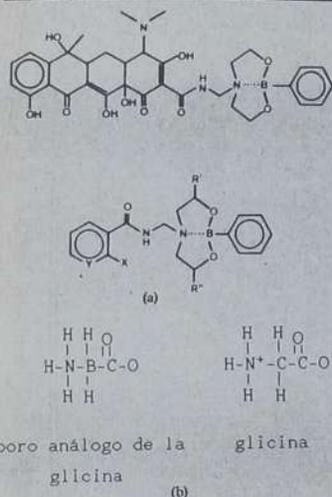


Figura 9. Otra forma de tratamiento del cáncer con compuestos de boro, todavía muy incipiente: está basada en la quimioterapia, en la que los compuestos químicos utilizados para matar directamente las células cancerosas son compuestos de boro heterocíclicos (a) o análogos de boro de aminoácidos como los análogos de la glicina (b).

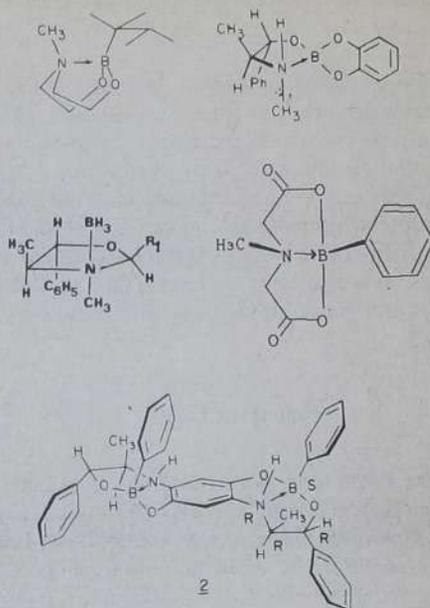


Figura 10. Algunos de los compuestos obtenidos y estudiados por el grupo mexicano.

puestos de boro sobre los de platino actualmente utilizados, es su baja toxicidad y bajo costo.

Es evidente que todavía no es posible hacer una predicción completa acerca de esta terapia, pero no hay duda del enorme servicio que la investigación básica presta a la solución de problemas graves y también muestra que no es posible resolverlos por la complejidad que involucran sin utilizar una ciencia y tecnología de frontera.

Por su parte, la química tiene inmensos territorios sin descubrir, los que a su vez tienen posibilidades infinitas de aplicación. Esta ciencia es reconocida en los países avanzados como el pilar de su desarrollo industrial y de su bienestar; por razones incomprensibles para mí, en México esto no es así.

Nota

Para mayor información consultar los reportes del Third International Symposium on Neutron Capture Therapy, Bremen 31 May-3 June 1988, que aparecen publicados en *Strahlenther. Onkol.* 165 (1989), (11)-(12)(Nr 2/3).

Cuando los químicos orgánicos se enamoraron de la simetría

Los químicos han logrado sintetizar compuestos orgánicos con la estructura simétrica del cubano, del tetraedro y del dodecaedro.



Angelina Flores Parra

La química es una ciencia que puede ser descrita en términos matemáticos con extraordinaria exactitud. La comprensión de la química está fundamentalmente basada en los conceptos de simetría, idea a través de la cual emergen la ciencia y el arte.

A pesar de la complejidad y de la ausencia de simetría en la mayoría de los compuestos orgáni-

cos, los químicos que cultivan este campo han sido cautivados por la idea de construir poliedros "robados" de los cuadernos de los geómetras; en particular, quisieran sintetizar los cinco poliedros uniformes y convexos de Platón, que fueron definidos matemáticamente por los Pitagóricos y por Teeteto:¹ el tetraedro, el cubo, el dodecaedro, el octaedro y el icosaedro (Figura 1).

En la química inorgánica existen muchos ejemplos de estas estructuras llamadas cúmulos o clusters;² por ejemplo, los cúmulos de arsénico (As_4), de fósforo (P_4) y de azufre (S_4) son tetraédricos; la simetría del cubo, O_h , ha sido observada en cúmulos de cobre del tipo $Cu_8[S_2CC(CN)_2]_6^{-4}$,

La Dra. Angelina Flores Parra es química industrial de la Universidad Autónoma de Nuevo León y doctora en química de la Universidad de París XI. Es profesora adjunta del Departamento de Química del Cinvestav. Su campo de investigación es la síntesis orgánica de productos naturales de interés farmacológico.

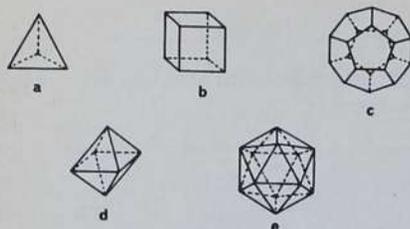


Figura 1. Poliedros uniformes y convexos de Platón: a) el tetraedron, b) el cubano, c) el dodecaedro, d) el octaedro y e) el icosaedro.

mientras que la geometría icosaédrica es muy común en la química del boro.

Sin embargo, estas estructuras estaban ausentes en el repertorio de la síntesis de los compuestos orgánicos; la síntesis de estas estructuras "esotéricas" presentaba un difícil reto por el grado de dificultad de su formación, y un gran interés por su belleza estructural. Los químicos han tratado de poner en cada vértice de los poliedros una unidad C-H para dar lugar a moléculas $(CH)_n$. La esperanza de poder sintetizar estas estructuras nació del mejor conocimiento que tenemos hoy sobre las propiedades y geometría de los enlaces químicos del carbono.

Nace el primer cubano

El primer cubano "desnudo", $(CH)_8$, fue sintetizado en el laboratorio de Eaton y Cole,³ en 1964, a través de una serie de reacciones, en donde el paso principal fue la formación fotoquímica del intermediario **1** (Figura 2).

El cubano es una molécula sujeta a mucha tensión, ya que es necesario un cambio importante en la geometría tetraédrica de los átomos de carbono para obtener esa estructura rígida del esqueleto y pasar de ángulos de enlace de 109.5° a 90° . Así, resulta sorprendente, a pesar de la tensión, su gran estabilidad. El cubano es el primer compuesto de una serie de derivados con la misma geometría,

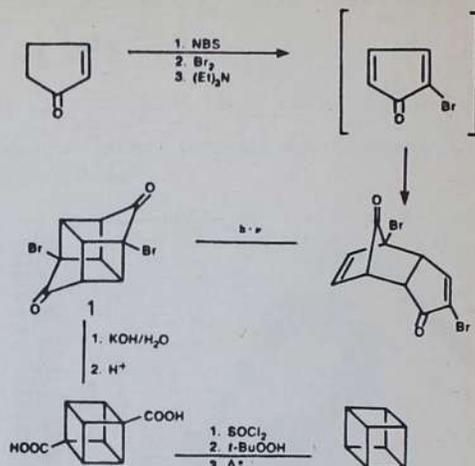


Figura 2. Síntesis del primer cubano realizado por el grupo de Eaton en 1964.

donde los hidrógenos son sustituidos por otros grupos químicos.

El tetraedro, $(CH)_4$, es también una molécula muy tensa, estabilizada por la presencia de sustituyentes en sus vértices. El primero de los tetraedros preparados fue el tetralitotetraedro **2** a partir del dilioacetileno en amoníaco por una reacción fotoquímica⁴ (Figura 3).

Se ha propuesto, con base en cálculos de mecánica molecular, que los átomos de litio en esta molécula no se encuentran en los vértices, sino que se integran a las caras del tetraedro, para dar un poliedro (icosaedro).

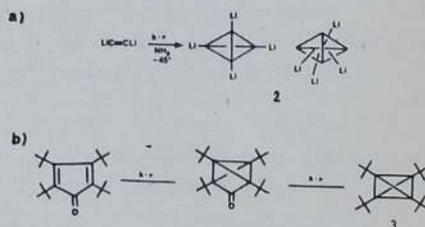


Figura 3. Síntesis de estructuras tetraédricas estabilizadas por los susltuyentes: a) tetralitotetraedro **2**, b) tetra-*t*-butiltetraedro **3**.

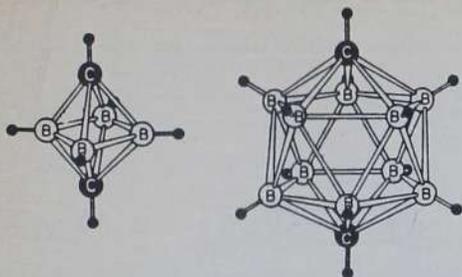


Figura 4. Cúmulos de Boro-carbono con estructuras octaédrica e icosaédrica.

El tetraedro más investigado en química orgánica es el tetraterbutiltetraedro **3**, preparado por dos reacciones fotoquímicas sucesivas a partir del tetra-*t*-butilciclopentanona.⁵ El tetraedro desnudo continúa siendo un reto (Figura 3).

Tanto el octaedro como el icosaedro siguen siendo metas fascinantes para los arquitectos moleculares. Ambas estructuras se conocen en cúmulos de boro y carbono mientras que la estructura icosaédrica truncada ha sido obtenida en cúmulos aromáticos del carbono C₆₀,⁶ **16** (Figura 4).

Dodecaedro

Una de las estructuras que más ha inspirado a los químicos, debido a su complejidad, es la del dodecaedro **7** (Figura 5). Los principales grupos que

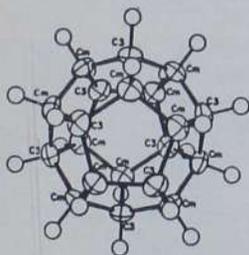


Figura 5. Estudio por difracción de rayos-X de la primera molécula dodecaédrica, obtenida por el grupo de Paquette.

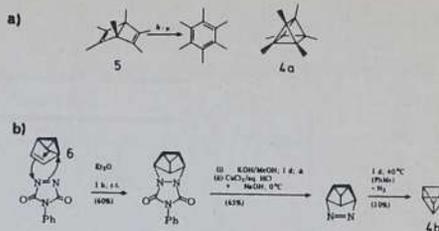


Figura 6. Dos diferentes síntesis de prismanos, **4a** y **4b**, a partir del: a) benceno de Dewar hexametilado **5**, b) benzvaleno **6**.

han trabajado en esta molécula son los de Woodward, en Harvard; Paquette, en Ohio y Schleyer, en Erlangen. Paquette y su grupo⁷ lograron obtenerla por primera vez en 1982, después de más de dos décadas de investigación. La estructura molecular obtenida por difracción de rayos-X se muestra en la figura y fue publicada por el grupo de Paquette en 1986.⁸

Otro tipo de moléculas policíclicas hidrocarbonadas son los prismas, (CH)₆, que han sido formados por dos métodos diferentes que se presentan en la Figura 6. El "Benceno de Dewar" hexametilado por la acción de la luz ultravioleta, además de dar el hexametilprismano **4**,⁹ El benzvaleno **5**, intermediario muy inestable y explosivo, conduce al prisma "desnudo" **6**.¹⁰

Dentro de los policiclos hidrocarbonados de tipo (CH)₈ se han obtenido los llamados cuneanos **7**, por su parecido con una cuna, preparados por isomerización del cubano con sales de plata¹¹ (Figura 7).

El continuo acecho a la estructura dodecaédrica por nuevas vías sigue dando origen a nuevas y diferentes moléculas policíclicas, como lo son el dímero del basqueteno¹² **8** y el diademano¹ **9**, (CH)₁₀; el secododecaedro¹³ **10** (C₂₀H₂₂); los [3]peristilanos¹⁴ **11** y **12**; las pagodanos¹⁵ **13**, (CH)₂₀; los D₃-trishomo cubilideno-D₃-trishomocubanos¹⁶ **14** y **15**, (C₂₂H₂₄), Figura 8.

El catálogo actual de moléculas poliédricas de carbono es muy amplio y este breve artículo tiene

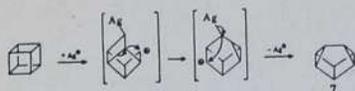


Figura 7. Síntesis del cuneno 7 a partir del cubano.

como meta sólo mostrar algunos ejemplos que puedan despertar la curiosidad sobre el tema.

Evidentemente, los químicos seguirán obteniendo estructuras cada vez más exóticas a fin de complacer sus inquietudes artísticas y creativas, y su único límite será la imaginación. Entonces, bien podríamos decir a las nuevas generaciones que en química no existen fronteras. 🌟

Notas

1. P.E. Eaton, *Tetrahedron* **35** 2189 (1979).
2. Véase en este mismo número de *Avance y Perspectiva* el artículo "Cúmulos Metálicos".
3. P.E. Eaton y T.W. Cole, Jr., *J. Am. Chem. Soc.* **86** 962, 3157 (1964).
4. G. Rauscher, T. Clark, D. Poppinger y P.R. Schleyer, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **17** 276 (1978).
5. G. Maier, S. Pfiem, U. Schäfer y R. Matusch, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **17** 520 (1978).

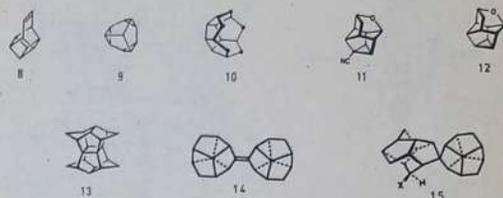
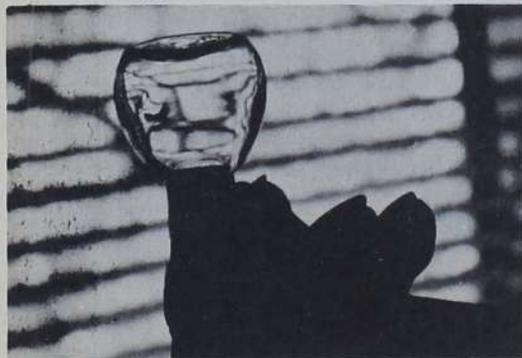
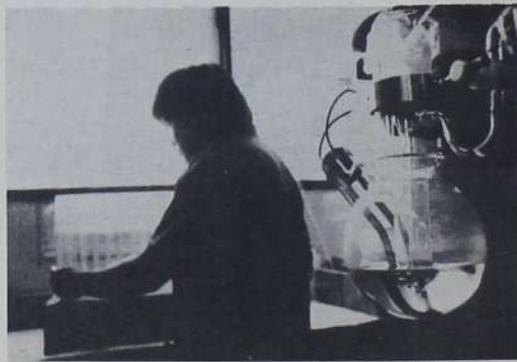


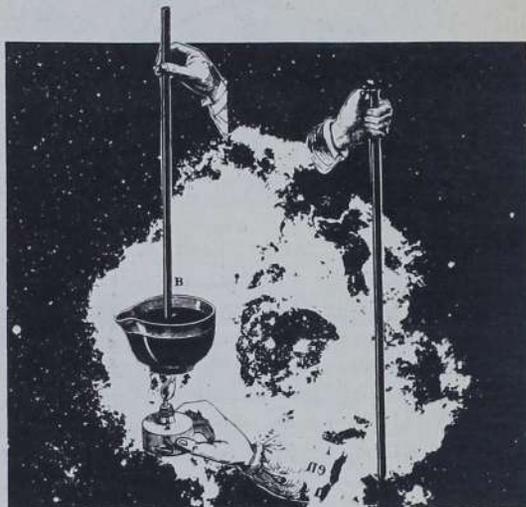
Figura 8. Algunos ejemplos de otros hidrocarburos policíclicos.

6. R.M. Baum, *Science*, Agosto 29 33 (1988).
7. a) R.J. Temansky, D.W. Balogh y L.A. Paquette, *J. Am. Chem. Soc.* **104** 4503 (1982).
8. J.C. Gallucci, C.W. Doecke y L.A. Paquette, *J. Am. Chem. Soc.* **108** 1343 (1986); N.L. Allinger, H.J. Geise, W. Pyckhout, L.A. Paquette y J.C. Gallucci, *J. Am. Chem. Soc.* **111** 1106 (1989).
9. D. M., J.P. Lokensgard, *J. Am. Chem. Soc.* **88** 5934 (1966).
10. T.J. Katz, E.J. Wang y N. Acton, *J. Am. Chem. Soc.* **93** 3782 (1971); T.J. Katz y R.J. Roth, *J. Am. Chem. Soc.* **94** 4770 (1972).
11. L. Cassar, P.E. Eaton y J. Halpern, *J. Am. Chem. Soc.* **92** 6366 (1970).
12. N.J. Jones, W.D. Deadman y E. LeGoff, *Tetrahedron Letters* 2087 (1973).
13. L.A. Paquette, R.J. Temansky, D.W. Balogh y G. Kentgen, *J. Am. Chem. Soc.* **105** 5446 (1983).
14. P.J. Garratt, C.W. Doecke, J.C. Weber y L.A. Paquette, *J. Org. Chem.* **51** 449 (1986).
15. W.D. Fessner, G. Sedelmeier, P.R. Spurr, G. Rihs y H. Prinzbach, *J. Am. Chem. Soc.* **109** 4626 (1987).
16. A.P. Marchand, G.M. Reddy, M.N. Deshpande, W.H. Watson, A. Nagl, O.S. Lee y E. Ōsawa, *J. Am. Chem. Soc.* **112** 3521 (1990).



Cúmulos metálicos. Un punto de vista químico

Los cúmulos formados con átomos de elementos metálicos pueden tener aplicaciones industriales, en particular como catalizadores.



Ma. del Jesús Rosales Hoz

Los químicos inorgánicos cultivan una área recientemente descubierta en la que las estructuras químicas son poliédricas. Se conocen como cúmulos (en inglés, clusters). Las estructuras que se generan van desde un simple triángulo hasta poliedros como octaedros, antiprismas cuadrados o icosaedros. Su característica general es que todos presentan caras triangulares; por eso también se conocen como deltaedros.

Los cúmulos pueden ser metálicos o no metálicos y deben contener al menos tres átomos unidos

entre sí en una estructura triangular (véase también el artículo "Cuando los químicos orgánicos se enamoraron de la simetría", en este mismo número de *Avance y Perspectiva*).

Los compuestos con uniones metal-metal ofrecen varios atractivos para los químicos, especialmente cuando hay más átomos metálicos entre los cuales se puedan formar uniones.

Cúmulos metálicos

En un número anterior de esta revista¹ se hablaba de la importancia de los cúmulos atómicos en física y se analizaba cómo varían las propiedades fisicoquímicas de estos sistemas a medida que se agregan áto-

La Dra. Ma. del Jesús Rosales Hoz es profesora visitante del Departamento de Química del Cinvestav. Es investigadora titular del Instituto de Química de la UNAM y su campo de investigación es la química de cúmulos metálicos.

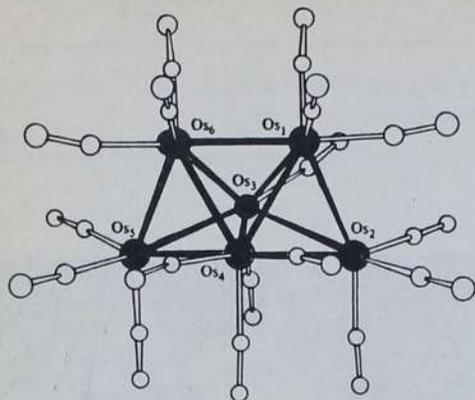


Figura 1.

mos. Otro aspecto que atrae a los investigadores de universidades e industrias en todo el mundo² en esta área es su extraordinaria actividad química. La otra motivación es estética, por la belleza de las estructuras, así como intelectual, por el reto que significa la solución de los rompecabezas que constituyen el diseño, la síntesis de ellas y los métodos para la elucidación de las geometrías adoptadas.

Los cúmulos a los que nos referimos en el presente artículo están formados por metales y cada núcleo metálico se encuentra rodeado de diversos átomos o grupos. (Figura 1). Existen hasta ahora dos tipos de cúmulos: los que tienen una molécula

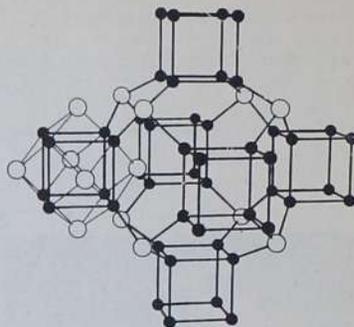


Figura 2.

de monóxido de carbono unida al metal (carbonilos) y los que tienen átomos de halógeno (halogenados).³ Los primeros son los más estudiados debido a que los ligandos carbonilo les proporciona estabilidad.⁴

Se han preparado y caracterizado cúmulos que van de 3 a 44 átomos metálicos⁵ (Figura 3) y se ha podido observar que la forma en que se acomodan los átomos es la misma de los metales libres en la naturaleza (Figura 4). La investigación en la estructura de los cúmulos es importante si pensamos en que éstos son equivalentes a un pequeño pedazo de metal.

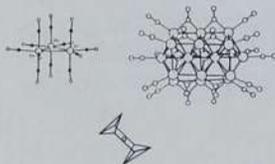


Figura 3.

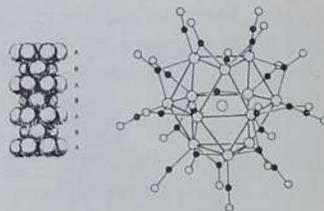


Figura 4.

Aplicaciones

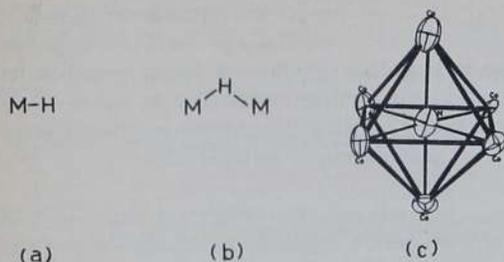


Figura 5.

Preparación de cúmulos

La síntesis de cúmulos metálicos fue durante mucho tiempo una reacción aleatoria en la que no se podía predecir el tamaño y estructura del producto que se iba a obtener. Sin embargo, la evolución del conocimiento sobre estos sistemas permite diseñar en la actualidad rutas de síntesis⁶ para muchos cúmulos, y es posible agregar fragmentos metálicos por etapas, ya sea del mismo metal o de metales diferentes. Entre las estructuras más originales está una en la que participan tres tipos de metales, el oro, el hierro y el boro.⁷

Los investigadores han encontrado una gran versatilidad en la forma como se pueden comportar los ligantes unidos a los átomos metálicos. Los ligantes del metal pueden substituirse por otro grupo químico, como por ejemplo átomos de hidrógeno para dar hidruros metálicos. En un compuesto con un solo átomo metálico, el hidrógeno sólo se puede unir de una forma terminal, tal y como se observa en la Figura 5a. Al aumentar el número de átomos metálicos, los hidrógenos pueden formar puentes entre dos átomos (Figura 5b) o quedar atrapados en el centro del poliedro (Figura 5c). También existe la posibilidad de que los átomos de hidrógeno se estén moviendo alrededor del núcleo de átomos metálicos.⁸

Existen varios sitios y formas en que una molécula puede enlazarse al cúmulo. Esto es importante para procesos en los que la especie metálica hace posible o facilita una reacción. Los compuestos que actúan de esta forma se conocen como catalizadores y las reacciones como procesos catalíticos.⁹

Los catalizadores

Existen en la industria muchos procesos catalizados por metales o compuestos metálicos. En algunos casos no se entiende bien cómo actúan estos catali-

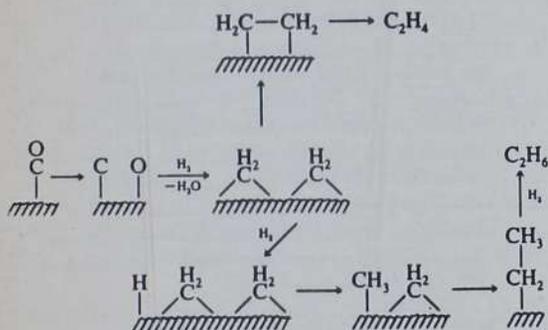


Figura 6.

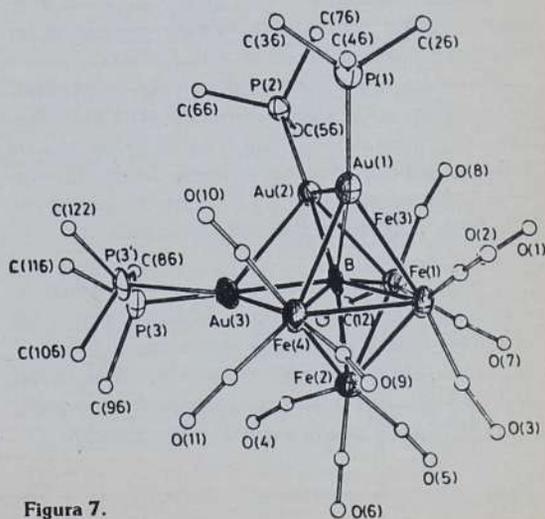


Figura 7.

zadores, lo cual impide que se preparen nuevos y mejores catalizadores. La investigación en la química de cúmulos permite conocer los procesos íntimos de los catalizadores.

Un proceso que se está estudiando¹⁰ intensamente es la síntesis de hidrocarburos a partir de agua y monóxido de carbono CO (gas tóxico proveniente de muchas reacciones de combustión). El hecho de que los hidrocarburos sean los componentes fundamentales del petróleo explica la importancia de esta reacción. El desarrollo y uso de este proceso en Alemania durante la segunda guerra mundial fue de particular importancia, ya que permitió substituir combustibles que no podían adquirirse. Sin embargo, el costo de producción de hidrocarburos por este método es todavía muy alto y, por el momento, menos rentable que su extracción a partir del petróleo.

La importancia de la química de los cúmulos radica en varios puntos. En primer lugar, un cúmulo permite que tanto las moléculas de CO como los átomos de hidrógeno (que podrían provenir del agua) se unan a átomos metálicos vecinos (Figura 6), facilitando así una posible interacción entre ellos. En segundo lugar, la unión de una molécula de CO a un átomo metálico la hace susceptible a un ataque por otros átomos, ya que el monóxido de carbono también puede formar puentes entre dos y hasta tres átomos metálicos, y volverse más sensible a ataques por otros grupos químicos o ligantes.¹¹ Una tercera característica importante en esta reacción es que los átomos de carbono pueden unirse sólo a átomos metálicos, y estos átomos podrían ser un buen punto de partida para la formación de cadenas de átomos de carbono unidos entre sí, es decir, de hidrocarburos. En la Figura 6 se muestra un esquema de la forma en que se podría llevar a cabo una reacción como ésta.

A la fecha ya se ha estudiado la actividad catalítica de varios cúmulos y en algunos casos se ha observado que los compuestos catalizan algunas reacciones. Aún así, las posibilidades de investigación son muy amplias y conducirán seguramente a encontrar miles de aplicaciones de estos cúmulos.

Conclusiones y perspectivas

La información existente sobre cúmulos crece día con día. Ya se han podido preparar cúmulos de un gran número de metales y se trabaja continuamente en la síntesis de cúmulos más grandes. Se han introducido también heteroátomos como azufre, carbono u oxígeno que cambian significativamente el comportamiento de las moléculas.¹²

Los estudios de catálisis con cúmulos están también siendo ampliamente estudiados y ya existen patentes en las que se utilizan estos compuestos como catalizadores.

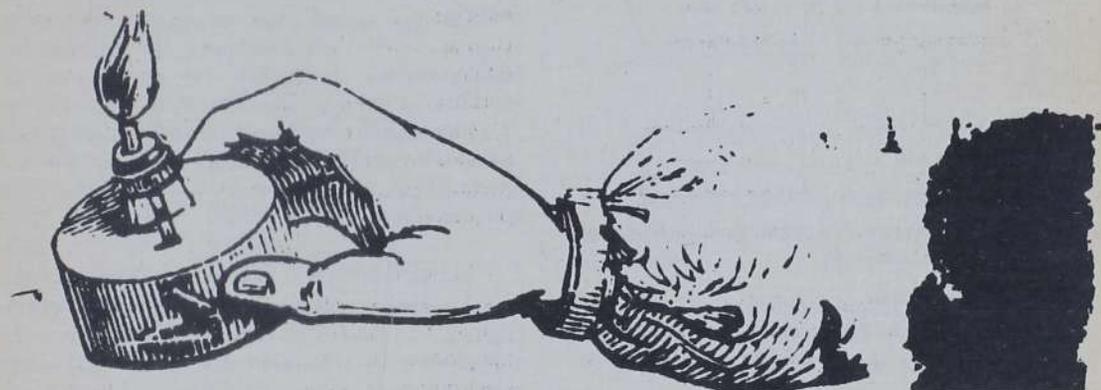
Es fácil imaginar que se puede preparar un número prácticamente infinito de cúmulos y que las diferencias electrónicas y estructurales van a significar un diferente comportamiento químico y físico, y por lo tanto tener una variedad infinita de estructuras, comportamientos químicos y aplicaciones. Los químicos han vislumbrado la punta del iceberg. El misterio de la química de los cúmulos sólo ha empezado a aclararse. ❀

Referencias

1. J. Dorantes, *Avance y Perspectiva* **9** 167 (1990).
2. D.C. Johnson, R.E. Benfield, P.P. Edwards, W.J.H. Nelson and M.D. Vargas, *Nature* **314** 231 (1985).
3. H. Huheey, *Inorganic Chemistry*. 3rd. Ed. p. 740 Harper Int. (1983).
4. F.A. Cotton y G. Wilkinson, *Advanced Inorganic Chemistry*. 4th Edition. J. Wiley and Sons p. 1049 (1980).
5. J.N. Nicholls and M.D. Vargas, *Adv. Inorg. Chem. Radiochem.* **30** 123 (1986).
6. R.H. Crabtree, *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*, p. 520. J. Wiley and Sons Inc. (1988).
7. K.S. Harpp, C.E. Housecroft, A.L. Rheingold and M.S. Shongwe, *J. Chem. Soc., Chem. Comm.* 965 (1988).
8. S.R. Drake, B.F.G. Johnson and J. Lewis, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1517 (1988).
9. A. Cabrera en *La Química Contemporánea*, Cap. 8 p. 163. Universidad Nacional Autónoma de México (1984).
10. A. Yamamoto, *Organotransition Metal Chemistry*, página 339, John Wiley & Sons (1986).
11. E.L. Muetterties, T.N. Rhodin, E. Band, C.F. Brucker and W.R. Pretzer, *Chem. Rev.* **79** 91 (1979).
12. J.N. Nicholls, *Polyhedron* **3** 1307 (1984).

Las celdas de combustible: una fuente alternativa de energía

La celda de combustible ha sido considerada como una de las más importantes invenciones del siglo XIX y un desarrollo tecnológico del siglo XX.



Omar Solorza Feria

Una fuente alternativa de energía

Una celda electroquímica de combustible, al igual que una batería de plomo-ácido, es un dispositivo en el cual la energía de una reacción química se convierte directamente en energía eléctrica. La diferencia entre ambos dispositivos es que en una batería los reactivos se encuentran totalmente contenidos en celdas individuales, mientras que en las

celdas de combustible los reactivos, que se suministran en función de los requerimientos, se encuentran almacenados fuera del reactor.

Las celdas de combustible no son los únicos dispositivos que convierten la energía química en energía eléctrica. También la realizan los motores de combustión interna. Sin embargo, la importancia de las celdas de combustible está en la forma de efectuar esta conversión.

En un generador de combustión interna la energía química se convierte en calor (Figura 1), el calor en movimiento mecánico y éste produce electricidad. Las celdas de combustible en una sola eta-

El Dr. Omar Solorza Feria es ingeniero químico industrial de la ESQIE-IPN, y doctor en fisicoquímica del CINVESTAV. Es profesor adjunto del Departamento de Química del CINVESTAV. Su interés de investigación radica en la electroquímica de semiconductores.

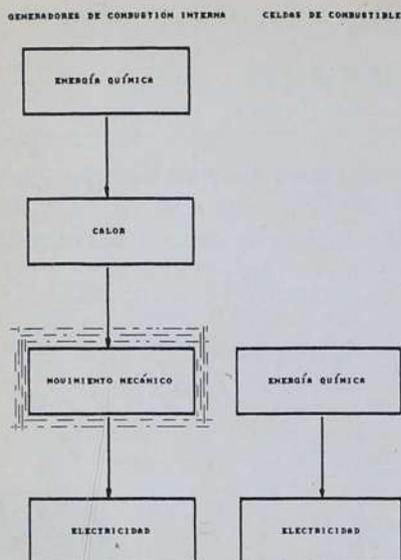


Figura 1. Comparación entre un generador de combustión interna y una celda de combustible.

pa transforman la energía química en energía eléctrica, liberando también una cantidad de calor que no constituye una parte esencial del proceso de conversión.

La eficiencia alcanzada en la producción de electricidad con celdas de combustible exceden a aquellos que utilizan los métodos convencionales. Las celdas alimentadas con gas natural producen energía eléctrica con un eficiencia cercana al 50%, mientras que los generadores de corriente convencional alcanzan eficiencias del orden de 35%.

La eficiencia en las celdas de combustible es mayor debido a que las reacciones ocurren químicamente en superficies electrocatalíticas, sin partes que causen vibración, ruido o productos contaminantes.

Los principales problemas tecnológicos para generar energía eléctrica a gran escala con celdas de combustible, han sido la estabilidad de los materiales electrocatalíticos que se utilizan como electrodos y el lento proceso de transporte de las especies gaseosas reactivas hacia los mismos electrodos. El alto costo de estos materiales no ha permitido que estos dispositivos sean competitivos con los genera-

dores tradicionales. Sin embargo, existen ya resultados promisorios que permitirán que las celdas de combustible sean consideradas como una fuente alternativa de energía.

Antecedentes

Los primeros trabajos sobre celdas de combustible datan de 1839, cuando W. Grove, un científico inglés, consideró que si en una reacción de electrólisis la electricidad descompone el agua en hidrógeno y oxígeno, entonces sería posible producir agua a partir de sus componentes y generar simultáneamente electricidad. De esta forma, se construyó la primera celda de combustible (Figura 2), suministrando hidrógeno y oxígeno a celdas conectadas en serie (A), las cuales produjeron una corriente eléctrica que se utilizó para electrolizar una pequeña cantidad de agua (B).

El hidrógeno y el oxígeno fueron alimentados a una celda con electrodos de níquel que tenían pequeñas cantidades de platino en la superficie, sumergidos en una disolución alcalina. Las reacciones electroquímicas en los electrodos produjeron una corriente eléctrica útil. En la década de los años 60 las celdas de combustible tuvieron su mayor aplicación como una fuente auxiliar de potencia en los vuelos de las series Géminis, Apolo y subsecuentes misiones espaciales.

Como consecuencia de la crisis energética que comenzó en 1973, los trabajos de investigación en la búsqueda de fuentes alternativas de energía se incrementaron y se crearon nuevos programas de desarrollo sobre la tecnología de las celdas de combustible con aplicaciones terrestres.

¿Cómo funciona una celda de combustible?

Al igual que las pilas alcalinas y las baterías de plomo-ácido o acumuladores, las celdas de combustible trabajan con base en reacciones electroquímicas, en las cuales la energía interna de un combustible y un oxidante son transformados en energía eléctrica.

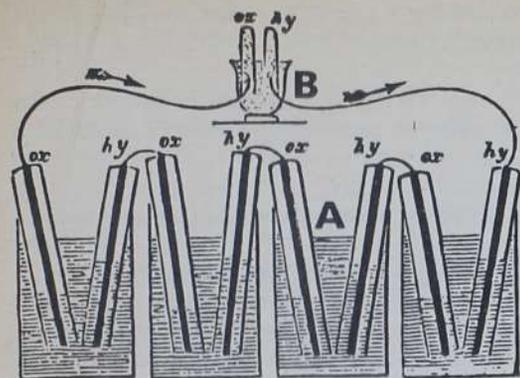


Figura 2. Diagrama original de la celda de combustible utilizada por W. Grove.

En la Figura 3 se presentan las características de una celda de combustible sencilla. En este caso, el hidrógeno y el oxígeno son el combustible y el oxidante, respectivamente; el electrolito es una disolución de hidróxido de potasio. Otras celdas de combustible utilizan diferentes reactivos y electrolitos. Sin embargo, los principios de operación son los mismos.

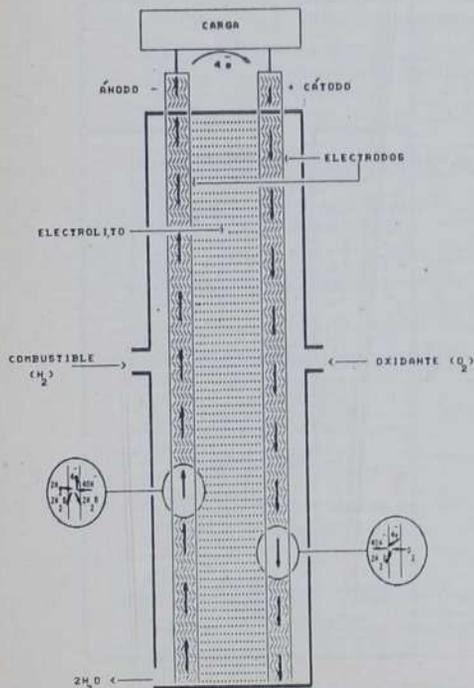
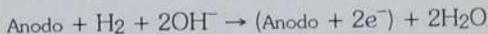


Figura 3. Funcionamiento de una celda de combustible.

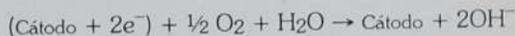
La celda electroquímica consiste de dos electrodos separados por un electrolito. Los reactivos, gases en este caso, se hacen pasar a través de los electrodos porosos que se encuentran en contacto con el electrolito. Las reacciones de oxidación y de reducción ocurren espontáneamente, como consecuencia de una diferencia de potencial entre los electrodos.

Cuando existe una carga eléctrica externa conectada entre las terminales de los electrodos, la diferencia de potencial provoca la conducción de los electrones a través de la carga externa, desarrollándose un trabajo útil. En la solución electrolítica los iones se difunden de un electrodo a otro y cierran el circuito eléctrico. La solución electrolítica de hidróxido de potasio es rica en iones hidróxido (OH⁻). Cuando el hidrógeno suministrado desde el exterior se adsorbe sobre un electrodo poroso de la celda de combustible, se vuelve altamente reactivo y con los iones hidróxido se forma agua y se liberan electrones. Esta reacción electroquímica en el ánodo puede representarse como:



Los electrones se acumulan en la interfase electrodo/electrolito, atrayendo una cantidad correspondiente de iones positivos (en este caso, iones potasio, K⁺), de la solución electrolítica. La acumulación de cargas negativas y positivas en las interfaces electrificadas metal/solución crean una diferencia de potencial, esencial para la conversión energética de la celda de combustible.

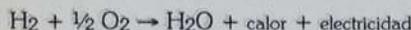
En el cátodo, el oxígeno reacciona con el agua para formar iones hidróxido. Durante esta reacción los electrones son captados por las especies reactivas quedando cargado positivamente el electrodo. La reacción en el cátodo se puede expresar como:



Si se conecta una lámpara o un pequeño motor entre las terminales de la celda, los electrones fluirán del ánodo al cátodo debido a la diferencia de potencial de la celda de combustible. Este flujo de electrones es el que permite que la lámpara se encienda o que la flecha del motor gire.

Veamos con un poco más de detalle los procesos electroquímicos que se llevan a cabo en la celda de combustible. Al moverse los electrones del ánodo, los iones hidróxilo se combinan con los iones hidrógeno para formar agua (Figura 4). El hidrógeno adsorbido en el electrodo se consume y se reemplaza por gas alimentado desde un recipiente externo.

Los electrones se transportan del ánodo al cátodo por el circuito eléctrico externo y forman iones hidróxilo a partir de la reducción del oxígeno y del agua. Los iones hidróxilo, al encontrarse libres en el electrolito, fluyen del cátodo al ánodo, cerrando el circuito eléctrico. La conducción es por electrones en el circuito externo y por iones en el electrolito. Aunque todos los iones hidróxilo se consumen en la reacción, solamente la mitad del agua formada en el ánodo se consume en la reacción catódica. El agua remanente constituye un subproducto muy importante de la reacción que es removida a través de una membrana para evitar la dilución del electrolito. El agua que se produce puede ser bebida en casos especiales. La reacción electroquímica total en una celda de combustible (hidrógeno, oxígeno) es:



Esta reacción tiene una energía de Gibbs $\Delta G \approx -237 \text{ KJ mol}^{-1}$, con una diferencia de potencial en la celda de 1.23 Volts. Durante su funcionamiento, estas celdas muestran una diferencia de potencial en estado estacionario entre 0.9 y 1.1 Volts.

En la misión espacial del Apolo VI, se conectaron en serie 31 celdas de combustible, y se obtuvo una fuente de potencia de 1400 Watts durante 400 horas y un voltaje de salida de 29 Voltios. La cantidad de combustible consumido por hora fue de aproximadamente 529 g.

Clasificación de las celdas de combustible

Las características de una celda de combustible, como son la temperatura de operación y el tipo de

combustible a utilizar, se encuentran determinadas por el electrolito.

Los sistemas que han sido investigados y desarrollados en gran escala se presentan en la Tabla 1.

Celdas de combustible con ácido fosfórico (PAFC)

Estas celdas de combustible han sido de las más investigadas e incluso se espera que en unos cinco años ya estén comercializadas. El electrolito es una solución de ácido fosfórico al 95% contenido en una matriz de carburo de silicio. La temperatura de operación se encuentra entre 150 y 205 °C. Los electrodos son de platino soportado en carbón con alto poder electrocatalítico. Estos electrodos generan una densidad de corriente de 325 mA/cm² a 0.8 volts. El rendimiento de la transformación electroquímica es de alrededor de 80% y la eficiencia en cuanto a energía eléctrica, descontando las pérdidas por calor y resistencia interna, es de alrededor de 40%.

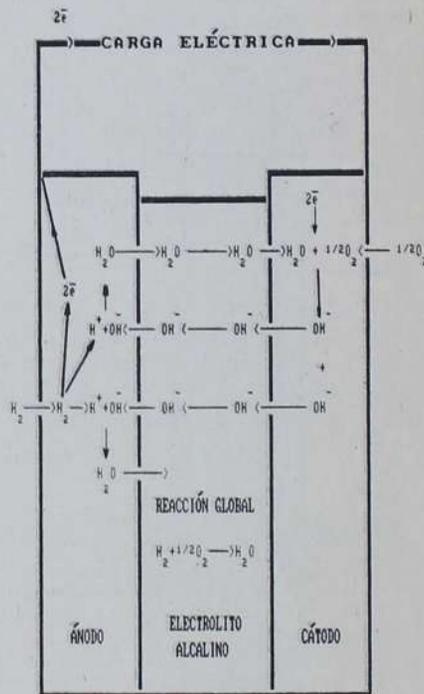


Figura 4. Representación de las reacciones de una celda de combustible (H₂, O₂).

Celdas de combustible con carbonatos fundidos (MCFC).

Estas celdas utilizan como electrolito una mezcla de carbonato de litio y carbonato de potasio fundidos, soportados en aluminato de litio. La temperatura de operación se encuentra entre 300 y 800 °C. El electrodo que actúa como ánodo es de níquel y el cátodo es de óxido de níquel. Estas celdas han sido diseñadas para operar a 0.7 volts y 150 mA/cm², con una eficiencia en la generación de energía eléctrica del orden de 60%.

Celdas de combustible con electrolito alcalino (AFC)

Se utiliza como electrolito una solución acuosa al 35% de KOH contenido en una matriz de asbesto. La celda opera en un intervalo de temperatura de 60 a 70 °C. La densidad de corriente obtenida es de alrededor de 1 A/cm², con una diferencia de potencial de la celda de 0.8 volts. Existen problemas técnicos como la formación de CO₂ y la inestabilidad de los electrodos que limitan la eficiencia de este tipo de celdas. Para la reacción anódica se utilizan electrodos de platino o níquel soportados en grafito y para la reacción cátodica platino o plata soportados en grafito.

Celdas de combustible con óxidos sólidos (SOFC)

En estas celdas se utilizan como electrólitos cerámicas u óxidos impurificados como el dióxido de zirconio impurificado con ytrio, yterbio u óxido de

Electrocatalisis

La electrocatalisis es una extensión de la catálisis. En química, se define a la catálisis como el estudio de las velocidades de reacción de procesos deseados por sustancias que no muestren un cambio químico permanente. La electrocatalisis es el estudio de las reacciones catalíticas que ocurren en superficies heterogéneas, transformando los reactivos a productos por una transferencia de electrones en una interfase electrodo catalizador/electrolito. Un electrocatalizador se caracteriza porque en una área mínima lleva a cabo una reacción química con alta velocidad, operando a potenciales muy cercanos a su valor de equilibrio.

calcio. Se utilizan temperaturas del orden de 1000 °C para que los óxidos en sus estados iónicos se vuelvan conductores. Como ánodo se utiliza níquel o una mezcla de este metal con una cerámica. El cátodo es de óxido de praseodimio o de óxido de indio. Se espera obtener una eficiencia en la conversión de energía química a energía eléctrica del orden de 60%.

Existen otros diseños de celdas de combustible que se encuentran en investigación, como son las celdas superácidas (SAFC), que se caracterizan por su alta conductividad iónica; las celdas de combustible con membranas poliméricas; y las celdas biocombustibles, que utilizan materiales enzimáticos.

Tabla 1. Tipos de celdas de combustible

Tipo	Electrolito	Temperatura (°C)	Electrodos	Combustible
Alcalino (AFC)	NaOH, KOH	60-89	C,Pt,Ni,Ag	H ₂
Membrana (IEMFC)	Membrana de intercambio iónico	80-100	C/Pt	H ₂
Acido Fosfórico (PAFC)	H ₃ PO ₄	150-205	C/Pt	H ₂ (trazas CO)
Carbonatos fundidos (MCFE)	Li ₂ /K ₂ CO ₃	300-800	Ni,NiO	H ₂ , CO(CH ₄)
Oxidos Sólidos ZrO ₂ (SDFC)	Cerámica	800-1000	Ni,In ₂ O ₃	H ₂ , CO, CH ₄

cos y microorganismos para producir el combustible que será utilizado en la reacción de electrooxidación.

El impacto que tendrán las celdas de combustible para satisfacer los requerimientos de energía, cada vez mayores, dependerá del apoyo económico y la visión que los gobiernos tengan en la búsqueda de fuentes alternativas de energía.

años sesentas se creía que el siglo XX sería del desarrollo de los procesos de combustión electroquímica. Sin embargo, estos procesos a nivel de interfase tienen una velocidad de reacción lenta, por lo que el reto para los investigadores en electroquímica es el de buscar nuevos materiales electrocatalíticos que aceleren estos procesos y hagan de esta fuente de energía eléctrica una verdadera alternativa.

Perspectivas

Los países que carecen de reservas de petróleo, como es el caso de Japón, están invirtiendo en el desarrollo de fuentes alternativas de energía. El acoplamiento de sistemas fotoelectroquímicos y celdas de combustible permitirá obtener hidrógeno, de la fotoelectrólisis del agua, el cual podrá ser alimentado a las celdas de combustible y generar energía eléctrica. Estos sistemas acoplados se ven más promisorios porque resolverán en parte los problemas que existen en la producción de un combustible puro y su almacenamiento. En los

Bibliografía

- Penner, S.S., *Energy* **11** (1986) 1.
 Srinivasan, S.J., *Electrochem. Soc.* **136** (1989) 41C.
 Lindström, O., *Chemtech* **19** (1989) 44.
 Stucki, S., *MIChimia* **42** (1988) 94.
 Kleywegt, G. y Driessen W., *Chem. Brit.* **24** (1988) 447.
 Tseung A.C., *Educ. Chem.* **15** (1978) 27.
 Hawkins M.D., *Educ. Chem.* **10** (1973) 217.
 Tilak B.V., Yeo R.S. y Srinivasan S. "Electrochemical Energy Conversion", *Comprehensive Treatise of Electrochemistry*, Ed. J.O.M. Bockris, Plenum Press, Nueva York (1981).

Simposium on the Manifestations of the Electron-Phonon Interaction in CuO and Related Superconductors

11-14 December 1990

Department of Physics, CINVESTAV, México, D.F.

Fax and Tel.: (52) 754-65-89

Apdo. Postal 14-740, 07000, México, D.F.

Scientific Directors

J.P. Carbotte
 Physics Department
 McMaster University
 Hamilton, Ontario
 L8S 4M1, Canada
 Tel.: (416)525-91-40/3177
 Fax: (416)528-50-30

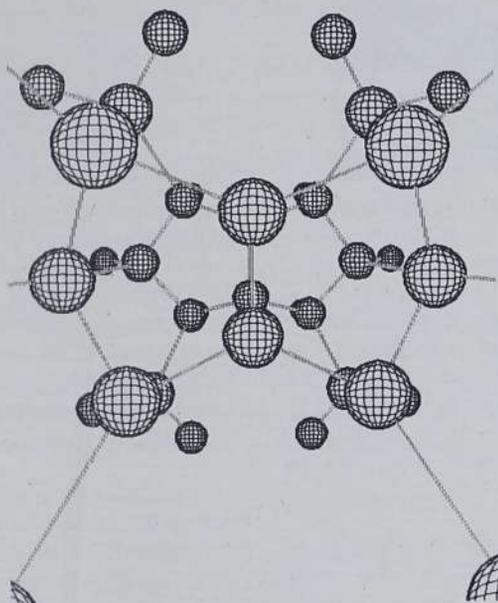
R. Baquero
 Physics Department
 CINVESTAV
 Apdo. Postal 14-740
 07000, México, D.F.
 Tel.: (52)754-65-89
 Fax: (52)754-65-89

Organizing Committee

Dr. Feliciano Sánchez S. and R. Baquero
 CINVESTAV
 M.E. Mendoza and C. Tabares
 ICUAP, Puebla

La química del fin de siglo

La química proporciona los conocimientos necesarios para satisfacer muchas de las necesidades de la sociedad. A fin de lograrlo, se requiere de profesionales con capacidad para modificar la estructura molecular, creatividad para proponer nuevas rutas de síntesis e imaginación para desarrollar nuevos productos.



Luis Alfonso Torres Gómez

En los últimos meses, y en especial durante la Escuela de Primavera que realizó el Departamento de Química del CINVESTAV, muchos estudiantes de diversas especialidades de la química hicieron preguntas acerca de la importancia de la química y de los estudios de posgrado en ella. Por otra parte, algunos colegas que trabajan en instituciones de educación superior han solicitado la colaboración de nuestro departamento para revisar el currículum de la carrera de químico, así como el contenido de

los cursos, con el fin de actualizarlos y tratar de dar un enfoque más adecuado y versátil a la formación de químicos.

El propósito de este artículo es tratar de dar respuesta a esas preguntas mostrando la importancia de la química, el perfil profesional de los químicos, los temas de actualidad en el área y las oportunidades de trabajo en los campos de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la docencia.

La importancia de la química

La química proporciona conocimientos fundamentales para satisfacer la mayoría de las necesidades

El Dr. Luis Alfonso Torres Gómez obtuvo el título de Químico en la U. A. de Puebla, y el doctorado en el Centro de Termodinámica del CNRS en Marsella. Es profesor titular y jefe del Departamento de Química, su principal interés en investigación es el estudio de la relación entre la energía y la estructura molecular a través de la determinación de propiedades termodinámicas.



de la sociedad. Es así que la investigación básica en química ayudará a las futuras generaciones a resolver los problemas que se les presenten.

Un gran número de beneficios sociales dependen o provienen de la habilidad de los expertos en química para controlar la transformación de los reactivos en productos, lo cual es posible cuando se logra comprender los principios de la reactividad, que es la base sobre la que se construye la química moderna.

El apoyo a la investigación científica, y en particular la investigación en química, es la mejor inversión para el futuro del país. En efecto, la fortaleza económica de cualquier nación depende del grado de desarrollo de su industria química y de su capacidad para transformar materias primas en satisfactores.

El trabajo de investigación de un químico es, entre otros, el de sintetizar nuevas moléculas y caracterizar plenamente su estructura. Es probable que algunas de estas nuevas moléculas tengan una aplicación como fármacos o como constituyentes de nuevos materiales. Sin embargo, no hay que olvidar que los más grandes avances en los conceptos y en las aplicaciones han surgido de lo inesperado.

El trabajo de investigación de los químicos es muy amplio y cada vez más interdisciplinario. Del análisis realizado por un importante grupo de investigadores norteamericanos,¹ dirigido por el re-



cientemente fallecido George C. Pimentel y en el que se encontraban profesores tan conocidos como A.J. Bard, F. Basolo, H.B. Gray y R.A. Marcus, se pudo deducir muy claramente la importancia de la química para establecer nuevos procesos, participar en la búsqueda de fuentes alternativas de energía, producir nuevos y mejores materiales, mayores cantidades de alimentos y contribuir al mejoramiento de la salud.

En ese mismo documento se describen algunos de los aspectos más importantes de la química y algunos de los temas que serán de mayor importancia en los próximos años. A continuación se presenta un resumen de ello.

A medida que el desarrollo social avanza, el consumo de energía aumenta; más del 90% de la energía que se consume está basada en la tecnología química. Es de esperarse que estas condiciones sigan vigentes durante el próximo siglo. Por lo tanto, la búsqueda de nuevas fuentes de energía y el desarrollo de las tecnologías apropiadas será un reto importante.

Durante las próximas dos décadas habrá grandes cambios en la utilización de materiales, desde los de uso doméstico y prendas de vestir hasta los que se emplean para construir automóviles, trenes y aviones más ligeros, así como aquellos que son sometidos a condiciones de trabajo severas.

El consumo de alimentos se incrementa continuamente y la química, junto con otras disciplinas,

tendrá que aportar el conocimiento que influya en la conservación de los suelos, la fijación de nitrógeno y el mejoramiento de insecticidas y fertilizantes.

Todos los procesos de la vida deberán ser comprendidos más ampliamente a nivel molecular. La química hace y continuará haciendo grandes contribuciones a la fisiología y a la medicina, diseñando y sintetizando nuevos compuestos que promuevan la salud y que permitan atacar graves padecimientos como la aterosclerosis, las enfermedades gastrointestinales, la hipertensión, la enfermedad de Parkinson, el cáncer y las alteraciones en el sistema nervioso central y en el sistema inmune.

Uno de los problemas más grandes y de dimensiones literalmente estratosféricas es el de la protección del ambiente frente al incremento de la población, la urbanización y el incremento en el nivel de vida. La química estará en el centro de las estrategias que salvaguarden nuestros ambientes.

Los temas de investigación en química que serán los de mayor importancia en las próximas dos décadas, según el reporte Pimentel¹ son los siguientes.

Dinámica molecular

En ella, será de particular importancia la exploración teórica y experimental de la energética, la estructura y la reactividad de las especies moleculares en equilibrio, así como el mecanismo detallado por el cual las especies moleculares en equilibrio cambian de una serie de estructuras a otras.

Si bien se han preparado y caracterizado estructuralmente más de 10 millones de compuestos químicos (la mayor parte en los últimos 25 años), el avance en el conocimiento de los aspectos temporales de los cambios químicos ha sido esporádico y limitado por barreras experimentales para la observación de fenómenos muy rápidos.

El desarrollo de técnicas más rápidas y poderosas, y el diseño de supercomputadores, permitirán a los químicos teóricos y experimentales avanzar en las próximas tres décadas en la comprensión cinética de los procesos moleculares, de manera similar a como ha ocurrido con la com-

prensión de las estructuras químicas en las últimas tres décadas.

Hace 20 años se estaba limitado a la detección de procesos que involucraban intermediarios con vidas medias del orden del microsegundo. A partir del uso de láseres pulsados, el horizonte se hace más amplio, ya que pueden emitirse pulsos de luz de muy corta duración, con los cuales se pueden detectar procesos químicos que ocurren en el intervalo de los micro y los picosegundos. Se busca llegar a pulsos del orden de 10 femtosegundos, con el fin de seguir procesos cinéticos tan rápidos que casi se aproximen a la observación en tiempo real.

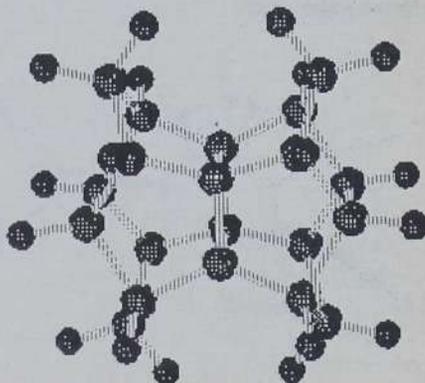
Nuevas trayectorias de reacción

Una manifestación del avance en el conocimiento y control de la reactividad química está en el desarrollo de nuevas rutas de síntesis, para lo cual los químicos contarán con técnicas aún más poderosas orientadas a la determinación rápida y definitiva de los productos de reacción, de la composición y de la estructura molecular.

Química orgánica

Actualmente, la química orgánica involucra tres áreas:

El estudio del aislamiento, la caracterización y la determinación de la estructura de sustancias de



la naturaleza como alcaloides y terpenos de las plantas, antibióticos de los microorganismos y hongos, así como péptidos y polinucleótidos de fuentes animales y humanas. Estas investigaciones seguirán siendo muy importantes en los próximos años.

La fisicoquímica orgánica trata de encontrar la relación entre los cambios físicos y químicos de los compuestos orgánicos con la estructura molecular y el comportamiento espectroscópico. Averigua los detalles de cómo ocurren las reacciones químicas, infiere las especies y estructuras de los intermediarios y determina cómo es la influencia de la temperatura, la presión, el disolvente, el pH, los catalizadores, etc., sobre los mecanismos de reacción. También tiene como meta establecer un análisis teórico que permita predecir el comportamiento y probablemente la síntesis de compuestos aún no conocidos. Por estas razones la investigación en fisicoquímica orgánica será una componente fundamental dentro de la investigación en química orgánica.

La síntesis es tal vez la mejor muestra de la creatividad de los químicos, la cual ha estimulado la evolución de las estrategias y la filosofía general de la síntesis orgánica. Hace sólo unas décadas la síntesis estaba basada en la elección ingeniosa de algún arreglo de reacciones ya conocidas, casi como en un juego de ajedrez. La síntesis ya no implica solamente mezclar, calentar, evaporar y cristalizar compuestos. Hoy se hace uso de condiciones de presión más allá de las 15,000 atmósfe-

ras, de láseres que inducen procesos fotoquímicos que incrementan la selectividad de las reacciones o el uso de catalizadores que activan con toda precisión una unión particular en una estructura compleja.

Con el desarrollo de un razonamiento mecánico, ha sido posible inventar nuevas reacciones para aplicarlas a necesidades específicas. De esta manera, la síntesis orgánica ha incrementado espectacularmente su potencialidad. Pero el reto continúa en cuanto a la selectividad para provocar un cambio específico en una molécula del producto, ya que cada unión química tiene una reactividad intrínseca y las moléculas de los reactivos se unen con una orientación adecuada para obtener la estructura tridimensional deseada.

Muchas de las sustancias que los químicos sintetizan cuando hechan a volar su imaginación e imprimen todo su talento, podrían considerarse en algún momento meras curiosidades, dada la complejidad de la estructura molecular que llegan a obtener. No obstante, muchas de esas complicadas moléculas más tarde han visto su aplicación como fármacos o en el desarrollo de materiales.

Química inorgánica

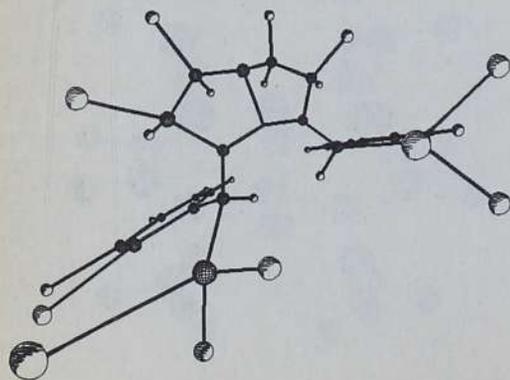
La química inorgánica tiene un gran potencial, sobre todo en las interfaces con otras disciplinas. Muestra de ello son la química organometálica, la bioinorgánica y la química del estado sólido.

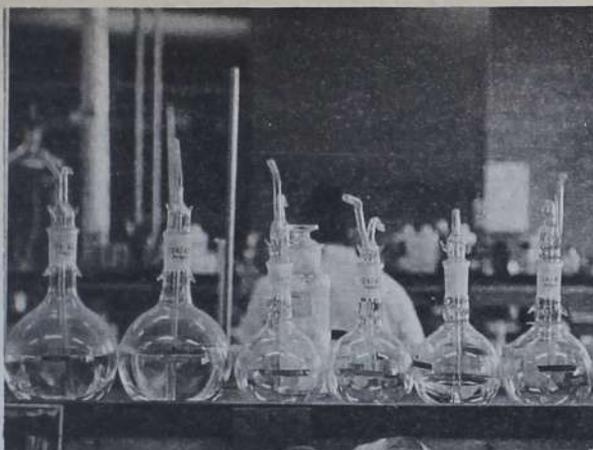
Tradicionalmente se establecía una línea o incluso una barrera entre la química orgánica y la inorgánica, que ha desaparecido virtualmente debido a que los compuestos inorgánicos tienen una estabilidad muy diversa. Esto los hace particularmente importantes en la investigación y en sus aplicaciones. También los compuestos inorgánicos juegan un papel muy importante en los sistemas biológicos.

La importancia de la química bioinorgánica radica en comprender el papel crucial que juegan los elementos inorgánicos, en particular los metales, en los sistemas biológicos, aún cuando esos elementos se encuentran en concentraciones extremadamente

Stop - Program terminated.

Opina cualquier tecla para seguir.





pequeñas. Lejos está el momento de considerar que los sistemas vivos son "cosas orgánicas", ya que los metales juegan un papel muy importante en el transporte y consumo de oxígeno en los sistemas vivos, así como también en los procesos de la absorción y conversión de la energía solar.

Otros procesos donde los iones metálicos tienen una influencia preponderante son la comunicación a través de señales eléctricas a nivel celular, la discontinuidad osmótica a través de las membranas celulares y la sutileza de la acción enzimática.

Sin embargo, queda mucho por averiguar acerca de los aspectos estructurales y dinámicos, de cómo los organismos vivos adquieren sus constituyentes, cómo llevan a cabo reacciones químicas esenciales para la vida, qué estructuras moleculares rodean a los iones metálicos y cómo estas estructuras les permiten reaccionar con tan alta sensibilidad a los cambios de pH y ligeras variaciones de la presión de oxígeno o bien frente a donadores y aceptores de electrones.

Otros aspectos importantes en este campo serán la investigación y creación de sistemas simples que simulen a los complicados sistemas biológicos, conservando la funcionalidad del metal y por otra parte el estudio de los sistemas más simples que reproducen lo que un sistema biológico realiza.

La asociación de los químicos y los físicos del estado sólido ha conducido al avance del conocimiento de las variaciones químicas que ocurren en

la superficie. Esto es muy importante en el diseño de catalizadores, pero también se aplica en la química de semiconductores y la fabricación de circuitos integrados. Un ejemplo notable es la reciente fiebre de los superconductores, desde hace cuatro años, cuando se publicó el hallazgo de que algunos materiales que contienen metales de transición, tierras raras y oxígeno, presentan una resistencia nula al paso de la corriente eléctrica o superconductividad cuando se enfrían a la temperatura de nitrógeno líquido. Esto permitirá, se dice, construir computadoras extremadamente rápidas con bajo costo de operación e inclusive trenes suspendidos por campos magnéticos muy intensos, prácticamente libres de fricción.

De lo anterior se puede ver que muchas de las investigaciones de frontera requieren de la asociación de especialistas de dos o más disciplinas, una de las cuales es la química.

La química en el CINVESTAV

En varias de estas líneas de investigación, señaladas como las más importantes en la actualidad y en los próximos años, los investigadores del Departamento de Química, acompañados de entusiastas estudiantes de posgrado, participan con todo su esfuerzo. Por ejemplo, en la química de los productos naturales, la química organometálica, la síntesis orgánica, la química de los heteroelementos, la esteoreoquímica y el análisis conformacional, los

estudios sobre la estructura molecular de compuestos con posible actividad farmacológica o el mejoramiento de procesos de síntesis de compuestos que ya se encuentran en uso clínico, el desarrollo de nuevos materiales semiconductores por métodos electroquímicos, etc.

La formación de recursos humanos

Los recursos humanos que el país requiere deberán contar con los conocimientos para comprender las etapas elementales de los cambios químicos, con la capacidad para modificar la estructura molecular, con la creatividad para proponer nuevas y mejores rutas de síntesis y con la imaginación para desarrollar nuevos productos.

La preparación de químicos con las características arriba citadas es una tarea que prácticamente hay que reiniciar, ya que hoy se están preparando jóvenes con un enfoque más bien técnico que científico. Por lo tanto, es absolutamente necesario cambiar esta situación si se desea resolver los problemas planteados por la reconversión industrial, el acuerdo de libre comercio norteamericano y la modernización educativa. El único camino viable es el de incrementar la calidad académica de los egresados y el fomento de la investigación.

Es necesario actualizar los programas de las licenciaturas en química, incrementar el nivel académico y fortalecer el trabajo en los laboratorios de enseñanza. Sólo de esta manera los egresados llegarán a ser líderes en la industria, la enseñanza y la investigación científica.



Las oportunidades para los químicos

Hasta hace algunos años, quienes obtenían un posgrado en química tenían casi como única posibilidad de trabajo la de incorporarse a alguna institución de educación superior o algún centro de investigación; hoy en día la perspectiva parece ser otra, pues la política de integración comercial impone la necesidad del desarrollo tecnológico en la industria a través de la investigación. Esto implica que habrá una creciente demanda de especialistas no solamente en química, sino en todas las áreas de la ciencia.

De hecho, la mayoría de los estudiantes de posgrado reciben proposiciones de trabajo antes de concluir sus estudios. En los próximos años la demanda de personal en el área de la química, con buena preparación, superará en mucho la capacidad de las instituciones para formar a esos expertos.

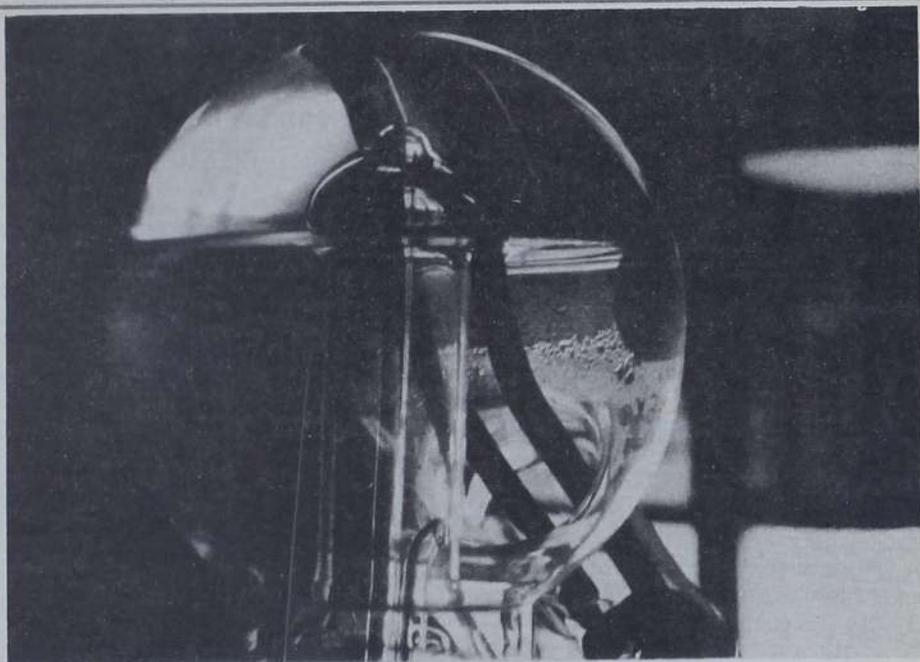
Desde luego, esto será válido para químicos que hayan concluido sus estudios de licenciatura y que hayan obtenido una muy buena formación básica y versátil, que les permita incorporarse al trabajo en la industria y abordar los problemas a nivel molecular, como debe hacerlo un químico en pleno ejercicio de su profesión. ❁

Nota

1. *Opportunities in Chemistry*, Ed. G.W. Pimentel, National Academy Press, Washington D.C., 1985)

¿Por qué es necesario un posgrado en química?

El propósito de este artículo es presentar algunas ideas surgidas de la experiencia de aquellos que hemos andado el camino, dirigidas a aquellos otros que desean iniciar estudios de posgrado o que ya los han comenzado.



Angeles Paz-Sandoval

¿Cuál debe de ser la actitud de un químico hacia la ciencia?

Es importante primero considerar el interés de cada uno hacia la ciencia y confirmar la vocación. Antes de pensar en inscribirse a un posgrado es necesario preguntarse si nos gusta realmente la química. Debemos reconocer que no hay mayor motivación

que hacer un trabajo por placer: estar de acuerdo con las inclinaciones propias es satisfactorio y redundante en un trabajo realmente constructivo. En segundo lugar, hay que plantearse si se tiene la capacidad para desarrollar investigación.

Desafortunadamente, en las circunstancias por las que nuestro país atraviesa, la diferencia en calidad entre los estudios de licenciatura y los de posgrado es bastante significativa. Proviene de una vieja y mal orientada costumbre, fomentada por la mayor parte de escuelas de licenciatura, de enfatizar la memorización como método de aprendizaje y olvidar la comprensión. Esto, aunado a la supresión de la actitud crítica natural de los estudiantes que aceptan lo

La Dra. Angeles Paz Sandoval es profesora titular del Departamento de Química. Es química de la UNAM y obtuvo su doctorado en Química en la Universidad de Londres, Inglaterra. Su campo de investigación es la química organometálica.

que el profesor dice como un acto de fe, sin dejar lugar para la discusión, conduce a que los egresados pierdan su capacidad autodidacta y creativa. La actitud autodidacta genera independencia intelectual, y ésta, a su vez, iniciativa, capacidad crítica y creadora. En ausencia de estas cualidades el estudiante batallará infructuosamente para obtener su grado.

Es necesario crear conciencia en los estudiantes de licenciatura de que son ellos los promotores de su propio avance, y no sus profesores o los que los rodean. Así, se establece un compromiso y responsabilidad personales en su formación.

Ser estudiante de posgrado es una distinción y un privilegio en nuestro país. Las estadísticas muestran que los estudiantes que llegan al posgrado representan una cantidad ínfima si se compara con el resto de la población. También muestra la responsabilidad que tenemos profesores y estudiantes con el posgrado.

Beneficios del posgrado

En el ámbito profesional los egresados de un posgrado en química benefician al país en tres aspectos, que son: la investigación, la docencia y el sector productivo. En los tres casos se requiere que el profesionista pueda generar soluciones, lo cual significa que debe contar con un criterio químico. Si lleva consigo una actitud científica, tendrá éxito como profesionista químico.

La investigación tiene como propósito generar nuevos conocimientos y, al mismo tiempo, es fuente de generación de recursos humanos de alto nivel, por lo que los investigadores son el personal idóneo para la formación de esta gente que se diseminará en la investigación, la docencia y el sector productivo. En el aspecto de la docencia, es indudable que una mejor formación de los profesionistas redundará en un mejor nivel académico, el cual también induce una actitud participativa y creativa por parte de los estudiantes de todos los niveles educativos. He aquí la mejor garantía para un desarrollo sano de nuestro país.

En el sector productivo la gente capacitada apoya el avance tecnológico, aspecto indispensable para el desarrollo del país. Los profesionales con

capacidad para generar soluciones pueden desempeñar puestos de dirección y de toma de decisiones; la carencia de esta capacidad conduce a puestos de menor jerarquía y subordinados.

Una de las características de los países subdesarrollados es la falta de recursos humanos de alto nivel; para ser independientes en términos tecnológicos, es necesario serlo en lo intelectual, y eso se logra mediante el proceso formativo de la investigación básica.

Ventajas de la investigación en el posgrado

Un ingrediente importante para hacer investigación es la curiosidad. Se espera que un estudiante de posgrado sea curioso. Esto es así porque al finalizar su licenciatura siente la necesidad de seguir avanzando en su vida profesional; comprende que no todas las respuestas han sido contestadas y desea seguir curioseando. La investigación es entonces la que se encarga de satisfacer esta curiosidad.

La curiosidad es el motor de la iniciativa que, a su vez, da independencia al estudiante, y lo expone, afortunadamente, al hábito de pensar y criticar. Esta actitud en química —una ciencia experimental— desarrolla una actitud creativa. Lo anterior muestra claramente las ventajas de los proyectos de investigación en los estudios de posgrado, los cuales por fortuna permiten desarrollar el hábito de razonar.

Debemos fomentar la investigación y crear una tradición científica en nuestro país. La inteligencia colectiva es un patrimonio nacional que es necesario aprovechar y resguardar. Hay que eliminar la imagen de México como un país con enorme potencial en recursos naturales y escasos recursos humanos. La responsabilidad de los estudiantes jóvenes es producir un efecto multiplicativo de los recursos humanos en el futuro.

Durante el desarrollo de un posgrado, la teoría y el trabajo experimental no deben separarse. El proyecto de investigación es fundamental, capacita al estudiante, y le permite aplicar una metodología

científica; le lleva a buscar información y a establecer un programa de trabajo. Sin embargo, debe hacerse notar que el tema de investigación no debe limitar el desarrollo del estudiante en otros temas; concentrarse en un problema específico no debe hacer perder la posibilidad de interactuar con otros investigadores para aumentar su cultura química y establecer conexiones con diferentes ramas de la química.

Un punto fundamental es evitar pensar que la tesis es responsabilidad del asesor. La tesis es responsabilidad del estudiante, quien deberá tomar el proyecto de tesis como propio y plasmar su creatividad en ese trabajo para adquirir la madurez del investigador. La conclusión en un proyecto de investigación se ve precedida de la saturación de datos experimentales que asemejan un gran rompecabezas. Pero de repente viene el salto intuitivo y se empieza a atar cabos. Sigue el describir con claridad los resultados obtenidos y enfrentarse al reto profesional en el sector productivo, en la investigación o en la docencia.

Para hacer una investigación de calidad es necesario contar con una infraestructura adecuada: laboratorios, reactivos, equipo y acceso a los libros y a las revistas, y saber seleccionar en forma pertinente la información requerida en la investigación.

La honestidad científica

La labor científica es una actividad intelectual. En ciencia todo se debe demostrar; todo experimento que se desarrolle, todo lo que se publique, debe ser reproducible. Si utilizamos información obtenida por otros investigadores, se tiene la obligación moral de dar la referencia del autor.

Hay que realizar el trabajo estrictamente, con perfección, reportar los resultados esperados en forma clara y rigurosa sin forzarlos a metas premeditadas.

Una publicación resume los resultados de una investigación formal sometida a la crítica, es información importante para otros científicos y una contribución al conocimiento.

Ciencia y tecnología

La ciencia es el desarrollo del conocimiento y la tecnología es el usufructo de la ciencia. Mientras no haya un avance científico, no habrá un avance tecnológico. El primero precede al segundo; y el avance tecnológico implica desarrollo, el cual, a su vez, promueve mayor avance científico y tecnológico en un círculo virtuoso.

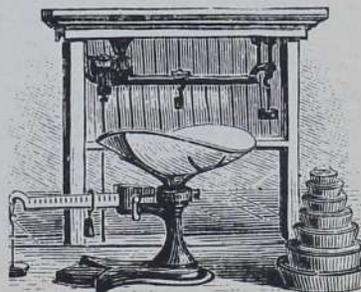
Muchas personas consideran que la ciencia debe resolver problemas específicos y que la investigación básica es un lujo innecesario en nuestro país; sin embargo, para resolver problemas específicos no se requiere sólo de buenas intenciones o dinero, sino de personal capacitado, imaginativo y crítico ante el conocimiento. Los centros de investigación son el lugar adecuado para formar este tipo de gente.

Conclusiones

Hay que continuar trabajando, produciendo y creando la tradición científica en este país.

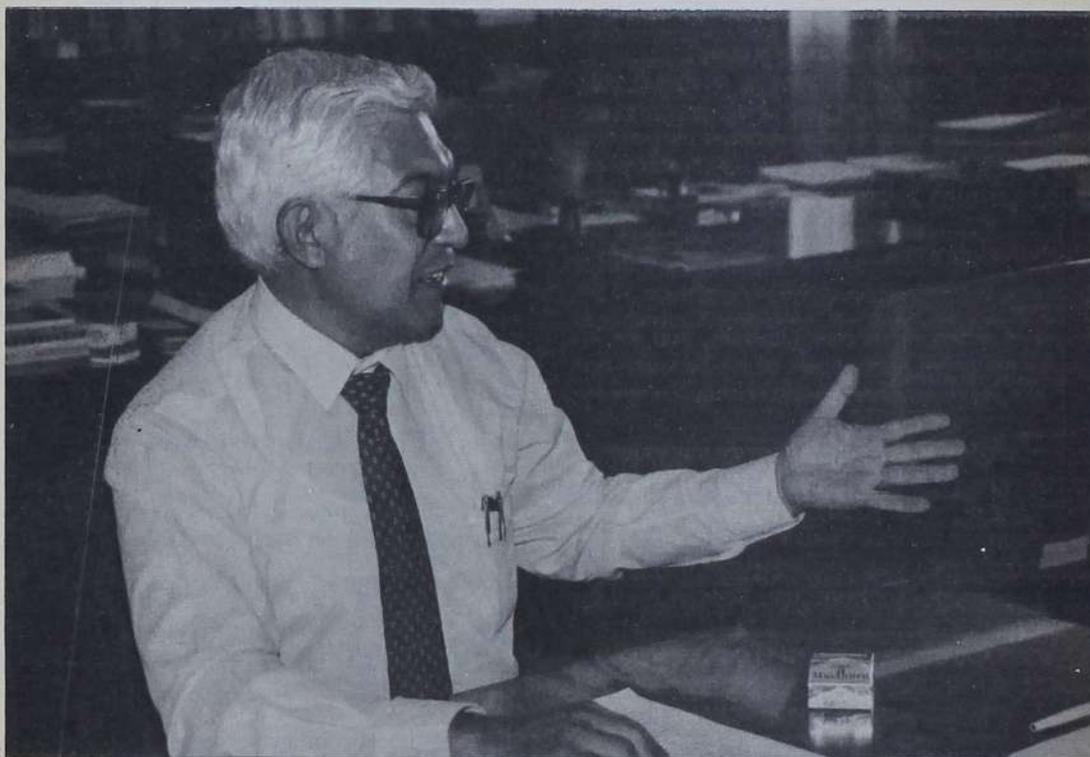
La potencialidad de nuestro país y de nuestros recursos será mejor aprovechada si cada vez más estudiantes están mejor preparados para tomar puestos de decisión.

El proceso formativo que brinda a un estudiante un programa de posgrado es una maduración lenta pero eficiente. La gente interesada en los estudios de posgrado y en adquirir este proceso formativo para estar bien preparada está cordialmente invitada a incorporarse al Departamento de Química del CINVESTAV.



Entrevista con Héctor O. Nava Jaimes

Este mes de diciembre, el Dr. Héctor O. Nava Jaimes concluirá su gestión de ocho años como Director del CINVESTAV. El Consejo Editorial de Avance y Perspectiva sostuvo con él la presente charla.



¿Libertad o autonomía en el CINVESTAV?

A y P: Estamos convencidos de que la autonomía en la investigación ha sido un factor determinante para el CINVESTAV. Usted como Director, ¿qué opina?

Dr. Nava: La autonomía se concibe de diferentes maneras. Creo que si el personal académico del Centro tiene autonomía, ésta se manifiesta en su capacidad creativa. Pero no debemos olvidar que el CINVESTAV es producto de la sociedad que nos rodea y, en consecuencia, somos parte de un fenómeno social.

Para explicarme mejor haré alusión a algunos hechos relativos a la creación del CINVESTAV. Se trataba de la primera experiencia en México de institucionalizar la profesión de investigador, creando condiciones que en aquel momento eran novedosas por el espíritu del decreto, ya que se ponderaba el trabajo de tiempo completo y exclusivo. Esto implicaba una dedicación total a labores de investigación científica y de formación de recursos humanos. Si bien hubo un fisiólogo en la planeación del Centro, los primeros participantes fueron los ingenieros Bravo Ahuja y Méndez Docurro; un matemático, ingeniero de formación, Dr. Bustamante Llaca, uno de los primeros politécnicos doctorado en matemáticas en Princeton; el Ing. Suárez Díaz, que aún sigue en el Centro, y el Dr. Manuel

Cerrillo Valdivia, profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Así, una vez puestas las estructuras administrativas y de organización departamental, llegó el momento de elegir un director. Se pensó en el Dr. Cerrillo, quien gozaba de gran prestigio en el país y en el extranjero. Convencido de que para darle credibilidad a la institución debía designarse como director a un científico de gran renombre internacional, el Dr. Cerrillo propuso a Arturo Rosenblueth, entonces jefe del Departamento de Fisiología del Instituto Nacional de Cardiología. El Dr. Rosenblueth aceptó con entusiasmo el nombramiento.

Por lo que sabemos, para Rosenblueth cada departamento debía estar encabezado, de ser posible, por un Premio Nobel. Con él, el Centro se inicia decidido a realizar importantes programas con investigadores de reconocido prestigio internacional, de dedicación exclusiva, e intensiva diría yo, hacia su quehacer académico. De esta manera, Rosenblueth deja su impronta, como lo había hecho ya en otros lugares, estableciendo una línea previamente concebida: todo aquel que viniera tendría que trabajar bajo esta premisa, con *independencia en cuanto al alcance de sus objetivos*.

Nunca, ni en los primeros decretos del Centro ni en los primeros documentos que se conocen, se delinearon realmente estrategias de crecimiento o se impusieron orientaciones explícitas sobre cómo debía extenderse. Simplemente se celebraba el nacimiento de una institución para el cultivo de la ciencia y la tecnología, que propiciara el desarrollo científico, económico y social del país.

A y P: ¿Quiere decir que el doctor Rosenblueth no propuso líneas específicas de crecimiento?

Dr. Nava: No, ni el doctor Rosenblueth ni el decreto de manera oficial. En la inauguración del Centro, Rosenblueth expresó el deseo de que se fuesen creando más departamentos para cubrir todos los campos de la ciencia contemporánea.

A y P: Un hecho de tipo histórico, que tal vez usted nos lo pueda aclarar, pues estuvo en el Instituto de Física de la UNAM. Cuando Sandoval Vallarta

fue director de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), lo que es ahora el ININ, ofrecía apoyo especialmente a físicos, algo así como el SNI de nuestros días, con compromisos mínimos de investigación hacia la CNEN. ¿Cómo encaja ese hecho con la concepción de dedicación exclusiva del CINVESTAV, que surge más o menos en la misma época?

Dr. Nava: Creo que hay una correlación. Lo que hizo la CNEN fue dar nombramientos adicionales a algunos investigadores del Instituto de Física y de la Facultad de Ciencias de la UNAM para propiciar que se dedicasen, exclusivamente, a sus tareas de investigación. De hecho, cuando estuve en el Instituto de Física, me concedieron un nombramiento en la CNEN para ser asistente de los cursos de radioisótopos.

A y P: Regresando al tema de la autonomía de los investigadores...

Dr. Nava: ...Hay relaciones entre el concepto de autonomía y los objetivos de la investigación que si bien no se han hecho explícitas, creo que van a irse aclarando ante la naturaleza de lo que sucede ahora. De hecho, a nadie se le ha coartado su libre elección sobre los temas a investigar pero, en el devenir del Centro, se han promovido acciones encaminadas específicamente a la creación de algunos grupos o de algunas unidades con objetivos definidos, para atender necesidades sociales e instrumentar estrategias nacionales en áreas que no están atendidas y que son importantes para el desarrollo del país. Así nace la necesidad de trabajar y cultivar el campo de la biología vegetal moderna, en Irapuato; la metalurgia no ferrosa, en Saltillo; las ciencias del mar, en Mérida; y la electrónica moderna, en Guadalajara. Pero no hay, y a veces se nos ha reclamado como un defecto, una programación a largo plazo.

Cada vez se nos insiste más en estos aspectos formales de la planeación institucional, de la planeación de la ciencia y del desarrollo tecnológico. Sin embargo, no he encontrado en ningún documento de los países desarrollados una defensa a ultranza de la investigación *per se*. La planeación nacional del desarrollo científico y tecnológico siempre está ligada, algunas veces de manera ex-

pública, a los planes de desarrollo económico. Es el caso del proyecto de ley de 1982 sobre la orientación de la Ciencia y la Tecnología de Francia y el caso de la carrera espacial de los EUA, que propició el crecimiento de los grupos científicos básicos y aplicados en función de un objetivo estratégico: la llegada a la luna, a través del cual se aprovecharon todos los mecanismos de concurrencia de las inteligencias que estaban disponibles.

Un ejemplo importante de libertad o autonomía académica con etiqueta es el de los laboratorios Bell. Allí se han realizado descubrimientos básicos como el efecto del transistor, la teoría de control y, en consecuencia, sus investigadores han recibido premios Nobel. Esto sucedió debido a que muchos años antes se había establecido que todo el trabajo importante que se pudiera desarrollar para mejorar las telecomunicaciones sería bienvenido. Bueno, nadie le dijo a los investigadores que *debían* estudiar teoría de control para mejorar las comunicaciones; fue algo que se dio: dejar que los investigadores usaran su talento para contribuir al logro del objetivo propuesto y que armaran, según su iniciativa, las estructuras y las piezas necesarias para obtener un resultado de tipo tecnológico. Había un objetivo perfectamente definido que, en este caso, era el mejoramiento de las telecomunicaciones a nivel mundial.

Durante muchos años, en el Centro no se tuvieron mecanismos institucionales de evaluación. Esta labor la hacía el director, y estoy hablando del primer director. El Dr. Rosenblueth determinaba qué trabajo y qué persona funcionaba adecuadamente y quién no, y él decidía quién se quedaba y quién se iba. Cuando fui contratado, tuve el privilegio de sostener dos entrevistas con él. En una de ellas me dijo: "Allí hay un Departamento de Ingeniería Eléctrica, a ver qué hace usted con él". Y al decirme "a ver que hace usted con él", me estaba otorgando plena libertad para establecer objetivos. Aunque, en realidad, sí existían algunas líneas predefinidas por los primeros investigadores del Departamento, que se basaban en lo que ellos sabían hacer.

Si hubiese llegado algún investigador que en aquel momento hiciese, por ejemplo, física de plasmas, a lo mejor el Departamento de Ingeniería

Eléctrica se habría inclinado por las aplicaciones de física de plasmas, que hay muchas. ¿Qué encontramos? Instalaciones para que la gente contratada pudiera trabajar; es decir, se les dio la misma oportunidad que a los otros departamentos experimentales. El Ing. Méndez Docurro, que fue uno de los primeros profesores, trató de establecer algunas líneas sobre percepción binaural y comunicaciones y esa impronta perduró. Por otra parte, nunca se abrieron estudios de posgrado en ingeniería mecánica, a pesar de que hubo intentos y pensamos que era muy importante, ni en ingeniería eléctrica de altas corrientes y bajas tensiones, que aún no se cultiva en el país y que es pertinente, porque hay necesidad de esta disciplina en la industria.

A y P: Es muy atractivo que los investigadores del Centro tengan libertad de acción, pero es claro que también deben darse cuenta de que existen programas y planes nacionales. ¿Qué opina usted?

Dr. Nava: Sí, esa libertad de acción no debería hacer que las grandes necesidades nacionales nos resulten ajenas, si bien tengo claro que no somos los que vamos a resolver los problemas nacionales en su totalidad. En otros países, donde las estructuras están completas: una industria avanzada, una economía sana, una mejor distribución de la riqueza etc., ciertamente, la ciencia es sinónimo de progreso y desarrollo. Pero aquí no hay una industria que sea capaz o que tenga el interés de utilizar los recursos intelectuales y los resultados que genera la planta de investigadores del país. Mientras no se dé esto, solamente será discurso el plantear que unas y otras partes tenemos la obligación de acercarnos.

Ni la industria ni los investigadores debemos olvidar que tenemos un país en el que la distribución de la riqueza es injusta. El CINVESTAV es un organismo del Estado, una estructura representativa y orientadora de los grandes intereses nacionales. Por ello, es muy importante que preserve el espíritu de libertad y autonomía sin que le sea extraño el medio del cual forma parte.

Aquí traería a colación una de las ideas de Sartre acerca de la responsabilidad social de los intelectuales. Todos los que trabajan con la cultura, incluidos los científicos y tecnólogos, tienen una responsabilidad política y social. No se trata de un

asunto de índole moral. Cuando hablamos de libertad, yo pienso que deberíamos considerar todo el entorno. Lo que quiero decir es que tenemos responsabilidades importantes y que el Centro puede hacer más y tratar de vincularse más. Esto no implica que los investigadores dejen de hacer tal o cual cosa, o que tengan que reorientar necesariamente su trabajo, sino que debemos crear los mecanismos intermedios, a fin de que se atiendan las necesidades de la sociedad, apoyando a quienes también tienen que aprender ese saber hacer.

A y P: ¿Esto quiere decir que el CINVESTAV podría articular esta autonomía y la respuesta social mediante mecanismos intermedios?

Dr. Nava: Sí, y de hecho tenemos en la actualidad muchos ejemplos de esta naturaleza. En 1983, el Secretario de Educación Pública encomendó al Centro el Proyecto MicroSEP y a los responsables del proyecto no se les tuvo que convencer para que trabajaran en él. Había una motivación y, dentro de su libertad creativa, aceptaron el reto y trabajaron en el proyecto. En mi opinión, todas las cosas que hacemos bajo contrato caen también dentro de ese marco de libertad, es decir, en el libre albedrío de los investigadores, por el cual consideran importante satisfacer sus aspiraciones personales al mismo tiempo que cumplen con demandas sociales o de cualquier otra naturaleza. Así se laboró en los Proyectos PEMEX y en el Proyecto de la Dra. Mayra de la Torre con el Sindicato Nacional de los Trabajadores de la Industria Azucarera. Los investigadores han tenido plena libertad y se les ha otorgado, además, una gran confianza, que es otra característica del Centro.

Organismos intermedios de decisión académica y administrativa

A y P: ¿Le ayudaría al CINVESTAV, desde el punto de vista administrativo, contar con una estructura más amplia de niveles de decisión?

Dr. Nava: Es importante reflexionar en ello. El Centro todavía es muy joven; en 1991 cumplirá 30 años. Nació pequeño, con una figura jurídica im-

portante, la de organismo descentralizado, y con una gran libertad en su manejo administrativo

Pero el Centro ha crecido mucho. Establecer una estructura administrativa adecuada ya era preocupación del Dr. Guillermo Massieu y, posteriormente, del Dr. Manuel Ortega. Lo que hace falta, en mi opinión, es difundirla y establecerla en forma razonable. El Dr. Ortega mencionó la posibilidad de crear subdirecciones académico-administrativas. Cuando esta administración presentó una propuesta a la SEP, la racionalización de las estructuras administrativas, ordenada en el Sector Público impidió crearlas. Se me dijo: "La semana pasada acaba de salir el decreto en el que se pide reducir estructuras, ¡y usted está proponiendo crear cuatro!" Respondí: "Bueno, cuatro que pueden ser tres".

En aquella ocasión vino, como representante de SEMIP, el Dr. Edmundo de Alba, quien dijo: "Además de que hay la indicación de disminuir las estructuras administrativas, el Dr. Nava no se da cuenta de que una de las virtudes que yo aprecio mucho del Centro, sin ser miembro de él, es que todo el mundo tiene acceso al director. Es una prerrogativa que se tiene y que no es conveniente que se pierda." Yo le dije, "Bueno, también puede ser nociva".

Recuerdo que en una ocasión anterior, el Lic. Reyes Heróles me preguntó cuáles eran mis actividades. Yo le contesté que hacía esto y lo otro, tratando de ampliar la gama de mis actividades. Y replicó: "Así, usted nunca será buen director, porque no tendrá tiempo para lo esencial, que es pensar hacia dónde tiene que ir el Centro". Esa fue su opinión; desafortunadamente, no se pudieron crear las subdirecciones.

Con el siguiente Secretario de Educación Pública se insistió en el tema, pero simplemente se argumentó que no era posible ampliar las estructuras administrativas. A pesar de que hemos hecho un esfuerzo por mecanizar las actividades administrativas, realmente nos hace falta un centro de cómputo administrativo, acorde con el tamaño de la institución, a cargo de expertos bien remunerados. Necesitamos una administración eficiente. La nueva dirección debe ser mejor que la nuestra; la mag-

nitud del Centro es tal que no se trata de contar con superhombres, sino con estructuras *ad hoc* que satisfagan la necesidad institucional, sin demérito de la capacidad de las personas. Incluso, creo que el director debe tener una mayor oportunidad, sobre todo en estos tiempos, de actuar como un mejor promotor de la institución hacia afuera y no dedicarse la mayor parte del tiempo a cuestiones domésticas.

Generación de ingresos propios

A y P: Otra posible desventaja del CINVESTAV es que no cuenta con una fuente continua de ingresos propios. Existe inquietud entre el personal académico, ya que, según se publica en los diarios o se comenta en los pasillos, algunas instituciones educativas de nuestro país sí cuentan con este tipo de fuentes, y las han usado para mejorar su infraestructura y aumentar las prestaciones a los investigadores. ¿Se encuentra el CINVESTAV en desventaja con respecto a esas instituciones por falta de tales fuentes?

Dr. Nava: Hace poco comentaba con el rector de una universidad de la zona metropolitana, institución, por cierto, mucho más grande que la nuestra, acerca de este asunto, y resulta que por prestación de servicios técnicos o de asesoría, en general, el Centro genera más ingresos. Los recursos, etiquetados como ingresos propios, con los cuales otras instituciones han podido hacer bastante para el desarrollo de su infraestructura y proporcionar algunas prestaciones a sus investigadores, no provienen únicamente de la prestación de servicios, sino de un manejo de los recursos presupuestales que sobran por la desocupación de plazas. Las instituciones que tienen enormes nóminas de salarios, con una desocupación porcentual anual de 5 o de 10%, disponen de recursos inmensos. En cambio, el Centro, en este sentido, tiene muy pocas posibilidades. Hablando de ingresos propios, la primera experiencia que me tocó vivir en el Departamento de Ingeniería Eléctrica fue un importante contrato que tuvimos con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), sobre algunos aspectos de telecomunicaciones para PEMEX. Cuando se lograron estos proyectos se tuvo que crear un mecanismo de gerencia, el Dr. J. Milton Garduño fue designado responsable general. Al Ing. Suárez, que había terminado la

cátedra patrocinada por Teleindustria Ericsson, también se le pidió participar. Por primera vez, tenían que terminar sus compromisos en tiempos determinados. Y, con el seguimiento implacable del IMP sobre los avances mensuales, se tuvo que recurrir a una política de compensaciones y de contratación de personal adicional por tiempo determinado.

Como resultado de esta experiencia, Milton Garduño logró que un porcentaje de estos recursos se quedara en el Departamento para la generación de infraestructura. De hecho, una parte del equipamiento para llevar a cabo estos proyectos se obtuvo a través del financiamiento de los Proyectos PEMEX.

La Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas, a cargo del Ing. José Antonio Carranza, nos otorgó un aportación de 8 millones de pesos para iniciar el proyecto. Nosotros no contábamos con los elementos y equipo necesarios que se compraron con esta aportación. Con el financiamiento de PEMEX, se compró mucho más y el equipo todavía se utiliza en los laboratorios. Así Empezó a crearse la costumbre de que todos los proyectos debían, de alguna manera, contribuir al fortalecimiento de la infraestructura, y se estableció también, por fortuna, un consenso de que no sería saludable para el Centro hacer o realizar cualquier actividad contractual por el solo hecho de generar más recursos. Asimismo, se estableció, y sigue respetándose, que solamente se realizarían servicios o contratos que, de alguna manera, significaran un elemento motor para las actividades académicas y formativas de los propios estudiantes, evitando convertirnos en una empresa de asesoría o un despacho de ingeniería para atender cualquier cosa que se presentase. Así ha sido en lo general.

En relación a la cuestión específica de usar remanentes de la nómina para mejorar la infraestructura o incrementar las prestaciones, hemos explicado con bastante claridad al exterior de la institución que nosotros no contamos con recursos de este tipo, y las instancias globalizadoras lo saben bien porque conocen nuestra plantilla de personal.

A y P: ¿No es sensible la Secretaría de Programación y Presupuesto al hecho de que, teniendo el CINVESTAV una administración eficiente y un cuer-

po académico también eficiente, no le sobran recursos que redistribuir entre sus investigadores?

Dr. Nava: Yo creo que sí es sensible. Podemos decir que el Estado sí se ha dado cuenta de la excelencia de la institución. En la reunión de la ANUIES en Mexicali, en 1984, el entonces presidente de la Madrid hizo una declaración que causó sensación. Dijo que, a partir del siguiente año, los presupuestos de las instituciones de educación superior se asignarían en función de su calidad. Nosotros, en particular, pensamos: ¡El Centro saldrá beneficiado! Sin embargo, la política en aquellos años no se estableció. El Estado señaló que había que atender las cosas por la vía de la calidad; se abrió una coyuntura que, desafortunadamente, no fue institucional. Al observar el deterioro, no digamos de la infraestructura física de las instituciones, sino sobre todo de la retribución salarial de su personal académico, creó el Sistema Nacional de Investigadores como una solución. Después de seis años de operar, se demuestra que ha sido un paliativo importante. Se suponía *a priori* que las instituciones de excelencia, conformadas por gente de primera, tendrían un acceso muy amplio al SNI, y con esto el deterioro del salario de los investigadores estaría resuelto. Pero no se atendió el otro aspecto: el problema institucional.

La disminución de las inversiones en educación es muy grande, aún si son vistas a través de las cifras oficiales (porcentaje del PIB, etc.). No obstante, sí se ha dado un crecimiento del sistema nacional de investigación. Hay intenciones y manifestaciones en favor de la creación de grupos de investigación pero, en mi opinión, no se ha logrado determinar el "para qué" absoluto; es decir, su creación en función de los planes de desarrollo económico y social del país. Nosotros hemos insistido que la formación de recursos humanos es muy importante. Recuerdo, por ejemplo, que en el primer programa de becas BID-CONACYT, establecido con Emanuel Méndez Palma, el objetivo y la justificación primaria fue la formación de maestros y doctores en ciencias y que tan sólo la atención de las necesidades de maestros en ciencias para las instituciones de educación superior era todo un reto. El argumento fue tan bueno, que se consiguió el préstamo del BID para dicho programa. Si a esto aunamos las necesidades de formación de investi-

gadores para el desarrollo de la ciencia y la tecnología que requiere la modernización de la industria nacional en una economía abierta, el reto y los esfuerzos a realizar son enormes.

A y P: Mientras defendemos toda esa independencia de la que hemos estado hablando, se nos plantea la necesidad de vincularnos a la industria para allegarnos más recursos. Sin embargo, no existen los mecanismos para concretar ese vínculo.

Dr. Nava: Esa es otra necesidad. Para formar, como dice el decreto de 1982, expertos y especialistas en la solución de problemas científicos y tecnológicos, hay que hacer un esfuerzo mucho mayor. En la actual situación de crisis económica el Estado no cuenta con suficientes recursos para financiar no sólo la investigación sino toda la educación, por lo que la sociedad en su conjunto debe participar y, en particular, el sector productivo.

La industria debe participar en el financiamiento de la investigación. Queda, entonces, buscar la interacción de los dos sectores y aprender lenguajes comunes. El Centro ha hecho esfuerzos en este sentido; creo que fue la primera institución que, con apoyo del CONACYT, inició un mecanismo de formación de expertos en gestión tecnológica, mediante el Programa de Administración de Tecnología, PROAT, cuyos egresados me han dicho que fue muy importante en su formación, personas que están incluso en la transición de ser industriales o de vincular ambas áreas. Desgraciadamente, por falta de presupuestos, se acabó dicho programa. El Centro debe volver a tener programas de este tipo.

La administración tecnológica, la transferencia, las patentes, las regalías o la negociación de un contrato, hemos venido aprendiéndolas sobre la marcha, a veces, dolorosamente. Cuando se nos pidió un estudio sobre la creación de un organismo que fuera el promotor de tales acciones y vinculase al Centro con la industria, y se presentó a la Junta Directiva, se me preguntó: "Bien ¿cómo cuántos proyectos cree usted que se podrían vincular en este momento?" Respondí "Posiblemente tres o cuatro." Me contestaron: "No, si son tres o cuatro, no vale la pena crear toda una estructura." El Centro siempre se encuentra con este tipo de dificultades.

Habrá que continuar con los esfuerzos para convencer a las autoridades superiores de que es importante institucionalizar este tipo de acciones en una estructura; tanto para esta actividad como para otras que nos hacen falta.

Hace poco, la Secci3n de Control Automático me present3 un proyecto para proseguir sus cursos especializados de formaci3n continua, que han tenido mucho éxito. Nuestros profesores de Ingeniería Eléctrica impartieron cursos sobre nuevas tecnologías y otros temas a instituciones como IBM, Pemex, la banca, etc., empresas empeñadas seriamente en la comercializaci3n de sus productos tecnol3gicos y convencidas de la necesidad de informar a sus ingenieros sobre los progresos y el avance de la tecnología. Fue interesante que recurrieran al Centro para estos aspectos de prospectiva de futuros tecnol3gicos. Esto ratifica, de manera directa, la importancia que tienen instituciones como la nuestra; creo que una de las funciones del investigador es ver el futuro y las tendencias de los desarrollos tecnol3gicos a nivel mundial.

Las habilidades y los conocimientos acumulados por el personal académico podrían explotarse en el sentido más positivo de la palabra. Podríamos generar recursos importantes a través de la impartici3n de cursos especializados, en lo que se conoce como formaci3n continua.

A y P:  Hasta qué punto y c3mo puede el Centro aprovechar su excelencia para recibir un trato preferencial dentro de la nueva política de asignaciones presupuestales supeditada a la evaluaci3n de las instituciones?

Dr. Nava: Creo que hay varias cosas importantes que analizar. Por una parte, es cierto que hemos tenido un deterioro en la inversi3n para el mantenimiento de una educaci3n de calidad, pero también se ha dado un desperdicio de recursos. Por otro lado, la respuesta de las autoridades, frente al movimiento sindical universitario (que ha adoptado fundamentalmente la posici3n formal de que "a trabajo igual, salario igual", sin plantearse el análisis crítico que considerase, por ejemplo, que a "trabajo *efectivo* igual, salario *efectivo* igual") ha sido elegir posiciones de catálogo: "a puestos iguales, salarios iguales", sin evaluar desempeño y calidad.

Las experiencias de la "Universidad popular y democrática", que ha costado mucho y muchas cosas, y que nace a la par del movimiento sindical universitario, puso a la defensiva al Estado, según mi concepci3n, y éste responde estableciendo el modelo salarial de la educaci3n superior. Siempre he entendido el "modelo de educaci3n superior" como un modelo salarial con una descripci3n muy general de profesiogramas. La experiencia acumulada nos dice que, respecto a la asignaci3n de presupuestos, la política va a cambiar muy lentamente en relaci3n a lo que ha sido hasta el presente; esto es, se mantendrán los techos financieros, los irreductibles, y se dará algo adicional para tener un crecimiento moderado, pero que s3lo se otorgará por evaluaci3n del desempeño institucional. Ante esta situaci3n surge la siguiente pregunta:  por qué no consolidar lo que tenemos en lugar de crecer?

Estoy convencido de que el Centro tendrá una posici3n importante una vez concluidos los procesos institucionales de evaluaci3n. Vamos a presentar los indicadores de c3mo estamos y el señalamiento de qué actividades hay que fortalecer. Ya se ha mencionado que habrá recursos adicionales, esperamos que el monto de los recursos que efectivamente se puedan asignar sea significativo.

Sin duda tenemos que generar más recursos, pero nunca en detrimento de las actividades sustanciales del Centro.  Cu ales serán los indicadores?, aquellos que se han venido ensayando: la calidad de las publicaciones, patentes, perfeccionamiento de procesos, etc., y, por supuesto, la formaci3n de recursos humanos. Cuando vino un experto hace muchos años para supervisar por parte del PNUD el proyecto de celdas solares y algún colega nuestro mencion3 que el problema de este país era la gente, él dijo: " C3mo?, si ustedes son 65 millones de habitantes". El problema fundamental es contar con el número suficiente de recursos humanos capacitados para atender las diversas necesidades que plantea el desarrollo del país.

La paradoja de la fuga de talentos

A y P: Sobre este tema de los recursos humanos, vemos dos fen3menos. Por un lado, se menciona en los peri3dicos que un factor que est  frenando el crecimiento de nuestros grupos de investigaci3n

se encuentra asociado a la fuga de talentos, la cual siempre ha existido en el país. Por otro lado, durante su gestión administrativa el CINVESTAV duplicó su planta de investigadores. ¿Es la fuga de talentos un factor de freno del crecimiento? y ¿cómo ve este problema en el CINVESTAV?

Dr. Nava: El Centro lamenta la fuga de sus talentos, evidentemente. Porque se han ido investigadores muy buenos y con mucha experiencia, como Samuel Gitler, Marcos Rojkind, Hugo González Serratos, Guzmán Arenas, Carlos Gitler, Mauricio Montal, Roberto Téllez y otros muy distinguidos... Kupersztuch... la lista es inmensa. No obstante, algunos departamentos se están recuperando. Matemáticas y Física han recobrado en número su plantilla de profesores. Ahora hay más jóvenes, cosa que no es del todo adversa.

Tengo sentimientos encontrados en ese sentido. Creo que no debemos perder a las figuras que sustentan la tradición de excelencia académica, pero el Centro debe ser también de alguna manera un reservorio de flujo regulado. Vivimos la experiencia de los colegas de la Sección de Electrónica del Estado Sólido que se fueron a Motorola. Se comentaba: "Se trata de la mejor gente del grupo." Pues sí, qué bueno que ahora en la industria haya gente nuestra de calidad. Y el grupo se está recuperando. En la Sección de Control Automático el "saqueo" ha sido muy considerable en los últimos meses. A pesar de los grandes esfuerzos que hacemos por tener gente realmente buena y de que académicamente es muy atractivo permanecer aquí, la situación económica ha llevado a muchos a dejar el Centro, algunos por fortuna no fuera del país, si bien de Ingeniería Eléctrica cerca de ocho graduados son líderes de grupos importantes en Europa y en Estados Unidos.

Además de echar de menos su gran solidez, lamentamos no contar con su capacidad multiplicadora para la formación de recursos humanos porque, cuando van a las industrias, se pierden para las estructuras académicas *sui generis* del Centro o de instituciones similares, donde estamos acostumbrados a formar nuevos talentos de manera planeada: con una estructura de formación académica. Es triste perder a los mejores elementos pues, si bien ingresan al Centro jóvenes talentos, de gran calidad

como investigadores, tardarán algunos años en convertirse en gente productiva y formadora de más investigadores. Esto bloquea la dinámica que podría tener el Centro si conservase a su personal más experimentado. Claro que, cuando se quedan en el país, la situación es menos delicada puesto que siguen siendo útiles a nuestra sociedad.

Las instituciones deben encontrar mecanismos para vincularse a las necesidades del país de tal manera que, al mismo tiempo, propicien la permanencia de su planta académica. Tengo entendido que en el Instituto de Ingeniería de la UNAM están trabajando con contratos externos y pagándoles bien a los que participan en esos proyectos. Un profesor del Centro me preguntó que por qué no tenemos una supercomputadora, ya que la UNAM, según él, está comprando dos o tres. No son dos ni tres; está en estudio la compra de una, al parecer producto de un proyecto muy importante entre el Instituto de Física y PEMEX. También me preguntaron los matemáticos: "¿Por qué en el CIMAT están pagando sobresueldos tan altos?" Acabo de enterarme que, gracias a la venta de un proyecto importante para la industria del calzado, obtuvieron considerables regalías. Nuestra institución no ha tenido ningún proyecto de proporciones equivalentes a su tamaño, siendo un Centro donde se pueden lograr muchísimas cosas. El que un matemático diseñe un programa para la fabricación de zapatos por computadora, lo compre la industria local y el recurso, así generado, pueda cubrir a un número importante de investigadores, es un reto que está abierto para nosotros, ¿o no?

Formación de investigadores

A y P: En el caso de los estudiantes, sobre todo en determinadas áreas, el número que llega es cada vez menor y su preparación cada vez más deficiente. Están presentando solicitudes de ingreso muchos que, según parece, ven el posgrado como una alternativa al desempleo... y no muy buena, por cierto. No muy buena para nosotros, en cuanto a calidad académica, ni para ellos en cuanto a ingresos. Cuando algunos de nosotros llegamos al CINVESTAV, lo que determinó que nos quedáramos a estudiar aquí fue que nos prestaron un escritorio,

pequeño pero nuestro, y que nos dieron la facilidad de trabajar tiempo completo, con bibliotecas, ambiente y laboratorios excelentes. Todas estas facilidades las aprecian los estudiantes, pero actualmente, para la mayoría, ya no tenemos espacio suficiente y nuestros laboratorios tienen también problemas de equipamiento...

Dr. Nava: Sí, estamos conscientes de muchas cosas que son ya un problema estructural. El Centro se concibió como una institución pequeña. Bueno, vamos a decirlo, de élite, por la manera de contratar a su personal docente, fundamentalmente, y por la selección rigurosa de sus estudiantes. He mencionado que me habían entregado un departamento casi vacío. Ahora está lleno, y los otros departamentos están también saturados; es decir, el Centro ha crecido porque tiene una comunidad inteligente que se ha preocupado por reproducirse bien y por complementar sus grupos de trabajo. Pero no ha habido la acción correspondiente en otros sectores de la sociedad.

La Dirección ha sido gestora, pero no ha tenido éxito en su intento de crear todos los espacios donde se ofrezcan las facilidades que existían en el pasado cuando, además, las condiciones económicas también eran diferentes.

Hemos afirmado que no debe usarse ya el discurso de "hacer más con menos" porque es sólo un juego de palabras. Se pueden hacer cosas con los insumos necesarios para hacerlas, pero mantener el mismo objetivo con menos recursos es imposible. Una vez que se han optimizado los procesos ya no es posible hacer más con menos, y cuando se baja de ese umbral se llega a la ineficiencia y al caos.

Cuando nos digan: "Hagan más con menos", contestemos: "Podemos hacer mucho más con un poco más". Aún tenemos buenas bibliotecas porque nos hemos preocupado por no deteriorar su acervo. Los espacios están saturados, tenemos una magnífica plantilla de investigadores y podríamos formar más recursos humanos. ¿Qué es lo que falta?: laboratorios para estudiantes, y no muchos, espacios, y no muchos, para albergarlos adecuadamente.

Por otro lado, no sé cuál es la motivación de los jóvenes que ahora están viniendo. ¿Qué los está

impulsando?, ¿una idea similar a la que me empujó a mí cuando llegué al Departamento de Ingeniería Eléctrica? Quizá nosotros mismos estamos siendo culpables por falta de motivación.

Sin duda, nuestros recursos se han vuelto escasos, las becas son insuficientes porque no compiten con el mercado de trabajo. En Estados Unidos está pasando exactamente lo mismo, la gente no estudia una maestría o un doctorado porque se tardan seis, siete años, y las oportunidades de salarios en el sector privado norteamericano empiezan a ser más atractivas.

Hemos caído en un círculo vicioso. Dice Alfonso Allais: Acaricia un círculo y se volverá vicioso. No podemos dar mejores becas. Se nos ha comunicado que CONACYT tiene ya un esquema para mejorarlas. Opinamos que becas de cuatro salarios mínimos para la maestría y seis para el doctorado serían razonables, pero esos montos son actualmente superiores al salario neto de un profesor con doctorado. Existen contradicciones.

A y P: Hay otro problema que se ha ido dando con el tiempo: En 1961, año en el que se fundó el Centro, la sociedad mexicana era mucho menos desarrollada y diferenciada académicamente; ahora, en diversas instituciones de educación superior han proliferado los posgrados y muchos son de bastante buena calidad. En el Centro el esquema de formación de gente en el posgrado sigue siendo el mismo; esto es, trata de captar buenos estudiantes de licenciatura para que hagan tesis, se enamoren del Centro y quieran hacer investigación en él. Pero esos estudiantes ahora encuentran que otras instituciones tienen buenos programas de posgrado. Quizá, por ello, se puede afirmar que una falla estructural es que el Centro no ha prestado suficiente atención al fortalecimiento de sus programas de doctorado. Además, ya debería ofrecer estancias posdoctorales para mexicanos y, tal vez, en particular para latinoamericanos. Ese esquema ha funcionado muy bien y de hecho fue el modelo inicial del Instituto Nacional de Cardiología; el imán de Cardiología era la especialización para latinoamericanos y españoles, y eso no se da en el Centro. Es una falla estructural que se ha sobrepuesto al poco atractivo de la carrera científica por la falta de salario o de becas adecuadas para los que quieren dedicarse a ella.

Dr. Nava: Estoy de acuerdo, pero una persona, nacional o extranjera, que tenga oportunidad de optar por un puesto posdoctoral en otro país seguramente no vendría a México. En este momento el mercado de posdoctorales en Estados Unidos y en otros lugares es inmenso, y cuesta lo mismo decidir a un colombiano venirse a México que irse a Estados Unidos. La decisión es obvia. Hay grupos en el Centro donde evidentemente se pueden ofrecer posiciones posdoctorales. De hecho, la prueba está en los investigadores que vienen a Fisiología, a Física, a la Unidad Irapuato o a otros departamentos a realizar estancias largas, porque encuentran calidad e identidad sobre la línea de trabajo. Pero, en general, se trata de personas ya consolidadas, que encuentran afinidad con los colegas que están reconocidos a nivel internacional.

Pienso que las posiciones posdoctorales en el extranjero se crean porque existen los donativos, lo cual ya es una diferencia importante. Si aquí estamos ante el problema de la creación de plazas para investigadores, ya me imagino la dificultad para crear plazas destinadas a posdoctorantes. Hasta la fecha no hemos recibido ningún donativo importante que nos dé esa posibilidad. Sin embargo, como estrategia para fortalecer la planta académica de nuestro sistema nacional de investigación, sería muy importante crear esas posiciones, y habría que vender la idea, en el sentido más positivo de la palabra, para obtener los recursos necesarios. En el Centro hemos tenido unas cuantas plazas posdoctorales. Se mantiene, por ejemplo, la Cátedra Solomon Lefschetz, que en un principio se otorgaba a una persona y ahora es para dos; igualmente, se había creado una cátedra patrocinada por Ericsson, que fue ocupada por el Ingeniero Suárez Díaz durante cuatro años. Sí, nos hace falta crear, yo diría, la cultura de las posiciones posdoctorales, poniendo énfasis en lo que aquí se ha dicho, y buscando los mecanismos para institucionalizarla.

A y P: ¿No debería haber en el Centro un doctorado directo? Se ha visto que la matrícula ha disminuido, y ante la perspectiva de pasar un par de años o más en la maestría y luego tres años en el doctorado, ¿no sería un doctorado sin maestría más atractivo y una posible solución a lo que antes llamamos una falla estructural?

Dr. Nava: En algunos departamentos del Centro existe ya la posibilidad de poner en práctica un doctorado directo; tal es el caso en Genética y Biología Molecular, Química y Fisiología, Biofísica y Neurociencias. Sin embargo, no es fácil. Hay quienes podrían argumentar: ¿Por qué les vamos a dar una beca diferente a los estudiantes que recibamos por otro tipo de mecanismo institucional? Bueno, mientras no seamos capaces de aceptar esos experimentos, que son diferenciales incluso en el tratamiento económico, mientras tratemos de universalizar todo, difícilmente lograremos obtener los resultados que nos permitan constatar si el esquema funciona o no. Son riesgos que hay que correr, porque si el experimento tiene éxito, habría que adaptarlo como alternativa.

Las unidades del CINVESTAV

A y P: Según sabemos, las unidades del CINVESTAV se originaron con grupos que desarrollan investigación dirigida a resolver algunas de las necesidades de los lugares donde están situadas y, en casi todos los casos, estuvieron formadas por personas que no eran del CINVESTAV. ¿Considera adecuado este modelo de crecimiento?

Dr. Nava: La pregunta es muy interesante. A mí me tocó participar en el hecho. Hace diez años, cuando el Lic. Solana era Secretario de Educación, el Dr. Ortega le solicitó una entrevista junto con los jefes de departamento. Recuerdo que acababa de establecerse un programa de prioridades, y una de ellas era el apoyo a la investigación. Nuestra intención era exponerle al señor Secretario la necesidad de que el Centro creciese en algunas áreas nuevas. Después de analizar el por qué de las prioridades, que eran: educación elemental, alfabetización, educación para el trabajo, etc., la propuesta fue: Si crecieran en provincia, la Secretaría de Educación Pública lo vería con buenos ojos. Fue a partir de allí que se generó la única posibilidad de crecimiento.

A y P: ¿Por qué Mérida en particular?

Dr. Nava: La sola idea de hacer algo en ciencias del mar era muy interesante, así que en un encuentro que tuvieron Manuel Ortega y el Dr. Luna

Kahn, egresado distinguido del Politécnico y, en ese momento Gobernador del Estado de Yucatán, se definió el área y lugar de interés. A la sazón, yo tenía una relación, de amistad, de muchos años con el Dr. Alonso Fernández y sabía que, al dejar la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), su intención era establecerse fuera de la ciudad de México. Consiguí que la UAM lo comisionara para abrir, en la Escuela de Medicina de la Universidad de Yucatán, una actividad sobre medicina nuclear y así se estableció en Mérida. El Dr. Alonso Fernández había sido director del Instituto de Física de la UNAM y rector de la UAM. El Dr. Manuel Ortega le invitó a colaborar con el Centro. El proceso fue lento. Iniciaron actividades en una casa rentada, tratando de contratar personal con experiencia en ciencias del mar, gente que se encontraba en el Politécnico y también en el CICIMAR. Con el afán de no retrasar la iniciación de las actividades de investigación, el Dr. Alonso Fernández trató de formar también un grupo de energía. En fin, que el grupo se estableció con muchas dificultades... Se están consolidando ahora el Departamento de Física Aplicada (corrosión) y el de Ecología Humana.

A y P: ¿Y respecto de Irapuato, que fue la segunda unidad que abrió sus puertas?

Dr. Nava: Ocurrió algo similar. Se tenía una idea bastante precisa de lo que se quería; en este caso en el campo de la biología vegetal moderna. Se enfrentó el problema de conformar un grupo sólido de investigación. Para iniciar la Unidad se recurrió entonces a investigadores en áreas como la preservación y almacenamiento de granos y semillas, y la tecnología de alimentos. Actualmente la Unidad está en pleno proceso de maduración; muy incompleta todavía en sus instalaciones físicas, pero con un equipamiento bastante cercano a lo proyectado.

Quizá sea el Departamento de Ingeniería Genética el que mejor refleje el trabajo armónico y eficiente que se pretende. Han fijado sus objetivos, se ha reconocido, de una manera que a mí me parece muy interesante, la importancia de trabajar en equipo para el logro de esos objetivos, sin perder su visión individual de enfocar los problemas, pero sabedores de que lo que cada uno de ellos hace es parte de un rompecabezas que habrá de ser armado en un corto plazo.

A y P: ¿Esto quiere decir que pronto veremos resultados?

Dr. Nava: Ya hay resultados importantes. Debe entenderse que lo que hace este grupo, que ha tenido mucha incidencia en la región, no necesariamente va a resolver solo los problemas de la zona, porque los problemas agrícolas o agroalimentarios no son regionales ni pertenecen únicamente al Bajío, sino a todo el país. Ciertamente, las expectativas que se tienen de la Unidad son muchas; se han estado recibiendo propuestas y solicitudes de asesoría de Sonora, Tlaxcala, Sinaloa, Oaxaca, en fin... Tratar de dar una respuesta a las grandes necesidades agrícolas del país mediante el mejoramiento de especies vegetales por la experimentación y el empleo de las técnicas de la ingeniería genética es una vía, y no la única. Además de que, para soportar sus proyectos de desarrollo, tienen que mantener una intensa actividad en investigación básica.

A y P: Démosle la vuelta a la república ¿Y Saltillo?

Dr. Nava: Seguramente es la que está mejor orientada hacia la vinculación con el sector productivo. En este caso también se sabía de la importancia de abordar aspectos de la metalurgia no ferrosa. Gracias a un estudio financiado por CONACYT, se determinó que Saltillo era lugar adecuado dentro del corredor minero-metalúrgico que empieza en Zacatecas y sigue hasta Nuevo León. Se contempló, asimismo, la conveniencia de que estuviera ubicada cerca del Instituto Tecnológico. El proyecto, que estuvo a punto de fracasar, fue confiado en un principio al Dr. Jorge Fonseca, quien desafortunadamente no pudo desligarse de la ciudad de México. Durante los primeros años las actividades de la unidad se mantuvieron como proyecto, ya que se enviaron cinco personas al extranjero con becas del CONACYT para formarse en determinadas áreas de esta disciplina. Y llegó el 82, cuando el Consejo suspendió todas las becas al extranjero y liberó a todas las personas de sus compromisos para regresar al Centro. Por fortuna, uno de ellos se presentó en mi oficina para cumplir con el protocolo de agradecer al Centro que lo hubiera becado algunos años. Empezamos a platicar y pensé que, a pesar de las buenas ofertas de empleo que él tenía en otras partes, debía intentar convencerlo de que

aceptara el reto de echar a andar la unidad. Fuimos a Saltillo, se entusiasmó y aceptó. Este grupo está mucho más inmerso en la problemática de la industria minero-metalúrgica y a pesar de que la gestión de su director, el Dr. Méndez Nonell, es aún breve, ha logrado vincularse a la comunidad a través de asesorías, cursos de especialización y actualización, y mediante el establecimiento de una maestría. Han graduado ya tres personas. No obstante, persiste latente el problema salarial; hemos perdido varios doctores, tres de ellos regresaron al extranjero y uno ingresó a una empresa privada. Todavía no tienen la capacidad de generar ingresos propios en cantidades notables, pero ya empiezan a tener resultados significativos.

A y P: Guadalajara es la más reciente....

Dr. Nava: Así es. Cuando IBM decidió establecer su fábrica de computadoras en el país con capital 100% foráneo, encontró que la ley no lo permitía. Entonces llegó a un acuerdo con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en el que se decidió incluir un proyecto de transferencia de tecnología patrocinado por la empresa y desarrollado por una institución nacional de investigación. Se pensó en todas aquellas donde había actividades de esta naturaleza como la UNAM, UAM, el IIE, y se eligió al CINVESTAV. De esta forma se impulsó la creación de este grupo dedicado a la tecnología de semiconductores.

A y P: ¿En la ciudad de Guadalajara también hay interés por esa unidad?

Dr. Nava: Sin duda, pues allí se está reconcentrando la industria electrónica moderna del país. Sin embargo, cabe aclarar que se trata de un proyecto que no ha podido poner en marcha la parte académica por falta de recursos, pero que podrá ofrecer, por ejemplo, laboratorios de prueba para detectar fallas en circuitos complejos o el diseño de los mismos y en general, asistir a la industria electrónica de tecnología avanzada. Se está trabajando con intensidad en este proyecto IBM-CINVESTAV.

A y P: Ya que estamos en esto, ¿qué hay de la inquietud que recientemente han manifestado algunos grupos por irse a Querétaro? Un buen número de investigadores, por razones que todos conoce-

mos, buscan salir de la ciudad de México. Se podría considerar no una emigración, pero sí un movimiento de egresados de Zacatenco hacia las unidades ya establecidas, para generar grupos equivalentes ¿No es más fácil tratar de fortalecer la presencia de los grupos establecidos allá con profesores de otras áreas?

Dr. Nava: Se nos ha olvidado mencionar la misión que el Centro encargó a un grupo encabezado por, José Ruiz Herrera, distinguido investigador, con el propósito de establecer un Instituto de Biología Experimental en colaboración con la Universidad de Guanajuato. Cuando se revisó el primer convenio, conversé con los investigadores en el sentido de que la acción del Centro era importante para propiciar el fomento de la investigación fuera de la zona metropolitana, pero que el éxito de nuestra acción lo podríamos medir una vez que la Universidad de Guanajuato hiciese íntegramente suyo este proyecto y crease otros grupos de investigación. Creo que ha sido un logro gracias al interés y adopción del proyecto por la Universidad de Guanajuato. Este equipo ha formado los primeros doctores en una universidad estatal.

A y P: Hay otros dos o tres casos semejantes: Puebla y San Luis Potosí, aunque de otra naturaleza...

Dr. Nava: Sí, son diferentes. En muchos lugares, los egresados del Centro constituyen ya los núcleos principales de investigación, sobre todo en las áreas experimentales... Pero volvamos a la pregunta....

A y P: ...Acerca de fortalecer las unidades ya existentes con gente de las áreas que se desarrollan aquí.

Dr. Nava: Algunos de los investigadores egresados del propio Departamento de Genética y Biología Molecular empezaron en Zacatenco y han ido a laborar a Irapuato. Pero creo que ustedes se refieren a Sanfandila, en Querétaro, ¿no es así?

A y P: Justamente.

Dr. Nava: Cuando se originó la posibilidad de que nos fuéramos a Querétaro, la reacción fue inmediata: ¿Por qué a Querétaro y no a Irapuato? El grupo de fermentaciones podría, en realidad, conjuntar

esfuerzos con la gente de Irapuato. Ahora bien, el irse a Querétaro es otra vez circunstancial, pero conveniente. No obstante diferentes problemas, logramos reflejar en planos arquitectónicos nuestros deseos; sin embargo el Desarrollo Urbano Sanfandila tiene algunos problemas dado que también está sufriendo la crisis. Las expectativas están abiertas, seguimos manteniendo la idea y posiblemente se pueda hacer algo en el futuro, pero hay que decir que la acción planeada para descentralizar algunos departamentos de investigación costaría alrededor de 50,000 millones de pesos. Se puede empezar modestamente, con unos 20,000 millones, si hay alguien que los ponga. El Gobierno de Veracruz también ha manifestado su interés; no sé si esté dispuesto a poner terrenos y construcción, aunque, al parecer, sólo le interesa una actividad determinada de orden regional. Los grupos que cultivan áreas distintas se enriquecen mutuamente cuando son vecinos. La idea de Querétaro es mejor desde ese punto de vista, ya que los departamentos de Química, Física y un sector del Área Biológica, mostraron interés. Por supuesto, no vamos a reproducir un departamento del Área Biológica en chiquito; se trata de articular conocimientos de manera innovadora. Es un reto a futuro, porque, además, no todo el mundo quiere irse, o no puede irse de la ciudad. Habría que meditar, para que el Centro adquiera, además de su respetabilidad científica, una respetabilidad política, si es conveniente establecer su presencia en todo el territorio nacional y, ¿por qué no hacemos lo que ustedes dicen? En Mérida existe la inquietud de fortalecer el área

de Física, por ejemplo, pero, ya no es una reflexión sólo mía, sino una reflexión compartida, ¿qué tipo de Física?

A y P: Buena física.

Dr. Nava: Ustedes le ponen un adjetivo correcto. Los administradores públicos le ponen, además, una etiqueta: física buena, en qué y para qué. Esa es una preocupación.

¿Hasta dónde y qué tamaño debe adquirir el Centro? Con la estructura actual es imposible que siga creciendo, porque no atenderíamos bien a nadie. ¿Es más positivo que con egresados del Centro se creen entidades autónomas en las diferentes regiones del país que se han definido como estratégicas? Yo me inclino más por esta opción. Si los egresados del Centro generan instituciones similares o mejores que el Centro, éste sólo será el modelo, pero no cargará con ellas. Ahora, en cuanto a las situaciones internas en el sentido de que "puesto que ya existe tal unidad en provincia, me quisiera ir para allá", hay que tener mucho cuidado, ¿están de acuerdo?

A y P: Bien, antes de terminar, una pregunta personal, Dr. Nava ¿Cuáles son sus planes al término de su gestión como director?

Dr. Nava: Dos: Vivir intensamente y seguir en el Centro como profesor e investigador del Departamento de Ingeniería Eléctrica.



Avances de Ciencia y Tecnología

Los Premios Nobel en Física y Química 1990

¿Es el protón una partícula elemental?

Hace unos 50 años, sólo unas cuantas "partículas elementales" (el protón, el neutrón, el electrón, el neutrino, junto con el cuanto del campo electromagnético, el fotón) eran conocidas. En realidad puede decirse que el universo, tal y como se le conoce hoy, está compuesto de estas partículas. Sin embargo, los esfuerzos por tratar de entender los detalles de la fuerza nuclear entre protones y neutrones, y el descubrimiento de partículas inestables en los rayos cósmicos, condujo a la construcción de aceleradores de partículas que permitieron la observación de colisiones de estas "partículas fundamentales" a energías cada vez mayores. Fue a través de este tipo de experimentos que se logró observar que en realidad el protón estaba constituido por entes aún más elementales, llamados partones por Feynman y quarks por Gell-Mann. Los aceleradores de alta energía han permitido también constatar la existencia de cientos de partículas inestables conocidas como "hadrones" (partículas que experimentan la interacción nuclear fuerte).

Los primeros experimentos que determinaron que el protón poseía estructura se deben fundamentalmente a los estadounidenses J.I. Friedman, H. W. Kendall, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, y el canadiense R.E. Taylor, de la Universidad de Stanford, quienes por esta labor se hicieron acreedores al premio Nobel de Física 1990. Estos experimentos fueron realizados en 1969 en el acelerador lineal de Stanford, California. [Véase E.D. Bloom *et al.*, *Phys. Rev. Letters* 23 930 (1969)].

Actualmente existen evidencias contundentes acerca de que las partículas que experimentan la interacción fuerte (hadrones), entre ellas el protón, están constituidas por partículas más fundamentales, a las cuales se les conoce con el nombre gené-

rico de quarks. Los quarks junto con la familia de leptones, como el electrón, son los constituyentes más elementales de la materia, pues se sabe que se comportan como objetos puntuales al menos hasta distancias de 10^{-16} cm (el tamaño del átomo es del orden de 10^{-8} cm).

La teoría más aceptada para la descripción de las interacciones fuertes de los quarks es la cromodinámica cuántica (CDC). Esta es una teoría de norma, análoga a la electrodinámica, con la diferencia que está basada en el grupo no abeliano de simetría SU(3) de color. Es decir, se postula que los quarks tienen un grado de libertad interno al que se conoce con el nombre de "color" (de allí proviene el nombre de cromodinámica) y que cada quark existe en tres colores. Presumiblemente este tipo de teoría de norma, no abelianas y sin ninguna clase de rompimiento de simetría, conducen al fenómeno de confinamiento. Este fenómeno puede entenderse como la imposibilidad de observar como partículas libres a los entes que experimentan esta interacción. Según esta interpretación, nunca podremos romper el protón para observar directamente, libres, los quarks que lo forman. Sólo a través de otra interacción, como la electromagnética o débil, y con haces de leptones es posible determinar la existencia de los quarks en el interior del protón.

La CDC explica el espectro de los hadrones si se supone que los protones (fermiones con espín semi-entero) están compuestos por tres quarks, que los mesones (bosones con espín entero) lo están por dos quarks y que ambos estados ligados son "blancos", es decir, que los quarks se combinan de tal manera que en los protones existen exactamente los tres diferentes tipos de color, y en los mesones uno de los quarks posee color y el otro anticolor.

Con una serie de experimentos, siendo el primero el que recibió ahora el premio Nobel, se confirmó el espín $\frac{1}{2}$, la carga fraccionaria ($\pm \frac{1}{3}e$, $\pm \frac{2}{3}e$

donde e es la carga del electrón) y el número cuántico de color de los quarks. Estas tres propiedades son esenciales para la validez de la CDC. Asimismo, existe un argumento teórico de consistencia relacionado con la cancelación de infinitos a favor de la existencia del color que se denomina renormalización.

CDC describe la interacción fuerte que explica el acoplamiento entre los quarks y los gluones. Estos últimos son ocho bosones intermediarios sin masa que se acoplan a los quarks de manera similar a como lo hacen los fotones a las partículas cargadas en la electrodinámica cuántica (EDC). Sin embargo, a diferencia de los fotones, los gluones pueden interactuar con otros gluones debido a que poseen color. El acoplamiento entre quarks y gluones es muy pequeño para momentos transferidos grandes, es decir, para distancias pequeñas. La anterior propiedad se conoce como "libertad asintótica" y resulta del hecho de que la constante de acoplamiento fuerte α_s , la "carga asociado al color", es una función decreciente del momento transferido. La libertad asintótica es una propiedad complementaria al fenómeno de confinamiento de los quarks dentro del protón. Cuando están muy cerca, se comportan como partículas libres; pero cuando se intentó separarlos, sacarlos del protón, esta libertad desaparece y aumenta la atracción entre los mismos quarks. De este modo, aun cuando ya sabemos que el protón no es una partícula elemental, según la CDC nunca podremos partirla en sus componentes más básicos.

Alfonso Rosado
Departamento de Física

Elías James Corey, Premio Nobel de Química 1990

"El químico especialista en síntesis química es más que un lógico y un estratega, es un explorador fuertemente influenciado para especular, para imaginar y aun para crear. Estos elementos dan un toque artístico que difícilmente pueden ser incluidos en un catálogo de principios básicos de síntesis, pero son muy reales y extremadamente importantes. Aún más, debe enfatizarse que los procesos intelectuales tales como el reconocimiento y el uso de sin-

tones (fragmentos claves en una síntesis) requiere habilidad considerable y conocimientos; aquí también genialidad y originalidad encuentran amplia oportunidad de expresión. Puede adelantarse la proposición de que muchos de los más distinguidos estudios de síntesis química han vinculado un balance entre dos diferentes filosofías de investigación; una incorpora el ideal de un análisis deductivo basado en metodologías conocidas y teorías en voga y la otra enfatiza innovación y aun especulación. El atractivo de un problema en síntesis química, que queda fuera de toda proporción para ser resuelto en forma simple, es el reto a la creatividad, originalidad e imaginación del experto en síntesis". E.J. Corey en *Pure Appl. Chem.* 14, 30 (1967).

El premio Nobel de Química 1990 fue otorgado a Elías James Corey, un gigante en la síntesis de moléculas orgánicas. Es profesor de la Universidad de Harvard, tiene 62 años y es oriundo de Massachusetts. Ha dedicado su trabajo a encontrar caminos sencillos a la síntesis en el laboratorio de complicadas moléculas orgánicas, de las cuales ha preparado un centenar de ellas. Corey ha desarrollado la retrosíntesis que constituye una planeación lógica para la construcción paso a paso de una estructura compleja; está basada en el desmontaje teórico en piezas y en secuencias de una molécula compleja, para después construirla en un camino inverso en el laboratorio. La complejidad de la planeación de una síntesis es tal que el talento y el conocimiento de un químico experto no bastan para tener éxito y Corey ha hecho una contribución importante al desarrollar programas de cómputo para facilitar esta tarea. Un ejemplo del propio Corey ilustra lo anterior: "Si un químico desea construir una molécula con $C_{40}H_{82}$ (cuarenta átomos de carbono y ochenta y dos átomos de hidrógeno) puede hacer 63 491 178 805 diferentes estructuras de acuerdo a una topología en dos dimensiones. Si se consideran las posibilidades en tres dimensiones, el número de estructuras se incrementa astronómicamente; llegar a una sola de esas estructuras por un esquema de síntesis dirigido resulta para un químico una empresa de tamaño descomunal". He ahí el mérito de Corey.

Angelina Flores Parra
Departamento de Química

*XX aniversario del fallecimiento de Arturo Rosenblueth***Presentación****Hugo Aréchiga**

El 20 de septiembre de 1970, días antes de cumplir su septuagésimo aniversario y luego de varios meses de enfermedad, murió Arturo Rosenblueth, fundador de este Centro. Sus restos reposan en la rotonda de los hombres ilustres. Primer científico en llegar al panteón de la república; y los integrantes de esta institución y algunos de sus amigos, nos reunimos en esta sencilla ceremonia a recordar al investigador, al mentor y al pionero que fue, y a celebrar la huella que dejó entre nosotros. Dentro de unos momentos, dos de sus alumnos y colaboradores, el Dr. Juan García Ramos y el Dr. Pablo Rudomín, nos hablarán, uno sobre los esfuerzos tempranos de Rosenblueth para fundar en México un grupo de investigación de alcance internacional, el primero que hubo en nuestra biomedicina. El otro, sobre la repercusión de la obra científica de Rosenblueth. Uno de los jóvenes investigadores que se integraron a este Centro, ahora su Director, el Dr. Héctor Nava, nos lo recordará como fundador de esta Institución. Yo me limitaré, para quienes no conocieron al hombre y no están familiarizados con la obra, a mencionar algunos rasgos de ambos. Incompletos por necesidad, ya que Rosenblueth es una de las personalidades más ricas de la ciencia mexicana.

Fisiólogo que cultivó las matemáticas, la electrónica y la epistemología, fue amante del arte y consumado pianista. Se hizo hombre de ciencia cuando serlo implicaba también el ser hombre culto y un caballero. Fue un aristócrata del espíritu, más un personaje de Carlyle que de Ortega y Gas-

set. Sin embargo, podría también decirse con justicia que fue un producto de la revolución mexicana. Porque fue el vendaval revolucionario una de las fuerzas que arrancaron a la familia Rosenblueth de Chihuahua y la trajeron a esta ciudad, igual que trajo, como médico a la División del Noroeste, a Fernando Ocaranza, su mentor e impulsor de la fisiología, primero desde la cátedra de la Escuela Nacional de Medicina, y luego desde la Dirección del plantel. Ya en la madurez profesional de Rosenblueth, fue en dos de las grandes instituciones creadas por el aliento constructor de la revolución donde su talento científico y su liderazgo encontraron el ambiente digno para la realización de su obra. Me refiero, desde luego, al Instituto Nacional de Cardiología, creado por Ignacio Chávez, con apoyo del médico y general revolucionario Gustavo Baz, a la sazón Secretario de Salubridad y Asistencia, con el propósito de integrar la investigación con la enseñanza y la asistencia médica; y al Instituto Politécnico Nacional, creación quintaescencial de la revolución, donde un grupo de hombres de miras elevadas, encabezado por Eugenio Méndez, con asesoría de Manuel Cerrillo, otro ilustre pionero, decidieron crear un centro sin precedentes en nuestro país, dedicado a la investigación y a la formación de investigadores.

Pero regresemos a los orígenes de la vocación. Como estudiante de medicina, Rosenblueth participó con entusiasmo en las primeras demostraciones de laboratorio de fisiología, realizadas en la cátedra de Ocaranza por José Joaquín Izquierdo. Se vinculó al grupo de alumnos de aquél, con Ignacio Chávez, Gustavo Baz, Ignacio González Guzmán, Teófilo Ortíz Ramírez y otros que también jugaran un papel importante en la obra de Rosenblueth y en la medicina científica de México. De todo este grupo, fueron Izquierdo y Rosenblueth

El Dr. Hugo Aréchiga es profesor titular y jefe interino del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias. Es médico cirujano 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.

quienes siguieron las prédicas del maestro con mayor fidelidad, al decidirse a tomar el camino de la fisiología.

Aún como estudiante de medicina, Rosenblueth ya hace trabajos de investigación y al término de los estudios, cruza el Atlántico a doctorarse en medicina en la Sorbona. Pero ese acercamiento a la clínica sólo contribuye a afianzar su vocación como científico, y a prepararse como fisiólogo va a Harvard, al lado de Walter Cannon, donde permanecerá por catorce años. En ese lapso, ensancha su horizonte intelectual, madura como científico, se convierte en uno de los fisiólogos más importantes del mundo; realiza, con Norbert Wiener, sus contribuciones seminales a la epistemología, que luego germinarán en la cibernética y provoca en torno a su vigorosa personalidad controversias que le ganarán en ese país amigos y detractores que siguen recordándolo hasta nuestros días.

Si en Harvard Rosenblueth brilló entre luminarias, a su regreso a México le tocó crear luz en la obscuridad. En el recién fundado Instituto Nacional de Cardiología estableció un departamento de investigación en fisiología, en el que tuvo que preparar a los investigadores, diseñar laboratorios y en ocasiones incluso construir el equipo. Con tan modestos comienzos, es de suyo elocuente que Rosenblueth haya creado un departamento de investigación de tan alto nivel, por el que pasaron como colegas o alumnos fisiólogos de otras latitudes. No es de extrañar que del grupo de alumnos de Rosenblueth surgieron buena parte de los líderes de nuestra fisiología. El propio Rosenblueth fue fundador y primer presidente de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas. Pero su repercusión en nuestro medio trascendió ampliamente el ámbito de la fisiología. Miembro fundador de la Academia de la Investigación Científica, miembro del Colegio Nacional, fue sin duda una de las figuras más significadas del naciente movimiento científico mexicano. El lapso de su obra en nuestro medio, de 1944 a 1970, es justamente el del establecimiento de las grandes instituciones de investigación en México, el del surgimiento de la profesionalización de la investigación en el país, en suma, el de la integración de nuestra comunidad científica, y Rosenblueth estuvo sin duda entre los líderes más distinguidos de ese proceso.

La institución en que nos encontramos es en buena medida aún reflejo del espíritu de Rosenblueth. Esa amalgama entre la especulación teórica y el talento práctico que se dio en su persona campea en este Centro. El rigor en el análisis y en la crítica que imbuyó en sus alumnos son parte de nuestro proceso cotidiano de preparación de investigadores. Su pasión por la calidad es aspiración permanente en las acciones del Centro. El compromiso de servicio a la comunidad que lo llevó a establecer una sección para el control de calidad de medicamentos fue precursor de acciones similares que ahora se dan en el Centro. Es quizá por ello que la presencia de Arturo Rosenblueth sigue siendo intensa entre nosotros, y muy probablemente no sea este el último homenaje que se le rinda. Porque en su persona se sintetizaron tantas de nuestras aspiraciones actuales. Fue un hombre genuino, fiel a su vocación, y fundó esta institución que también queremos genuina. Su escala de valores es nuestra escala de valores. El alto concepto que tuvo de los deberes éticos del científico es el que queremos mantener como práctica constante entre nosotros. Su lucha porque el ser buen investigador sea mérito suficiente para vivir en dignidad y respeto, es aún nuestra lucha. Hombre generoso, amó a este Centro como se ama a un hijo. A su cuidado entregó su entusiasmo y su energía, y al final de su vida le heredó también su modesto patrimonio: el apartamento en que vivía. Ya nuestro Director nos comunicará en unos instantes el destino que tendrá ese legado.

Sin duda por ello es que nos brota de manera tan natural el honrar a Rosenblueth. Al hacerlo quizá estamos evocando el tejido de las ilusiones que hace pocos o muchos años nos impulsaron a querer ser investigadores, y la conciencia de que uno de los primeros que entre nosotros decidió dedicarse por entero a la investigación logró mantenerse en ella hasta el final de su camino, nos da ánimo para seguir en el nuestro.



Arturo Rosenblueth: Su filosofía



Juan García Ramos

Los científicos constituyen una parte importante de la riqueza de los pueblos. Es esta verdad la que quisiéramos introducir y fijar con firmeza en la mente de nuestros jóvenes. Se puede llegar a ser un hombre de ciencia por varios caminos. Uno de ellos es renunciando a las comodidades materiales y a las satisfacciones triviales y pasajeras que ofrece la vida y que, agradables como pueden serlo, también distraen y alejan de las tareas científicas. Es esta la senda que, a primera vista, parecería la más difícil, y que no obstante ha sido seguida por la mayor parte de los verdaderos científicos en todos los tiempos.

El Dr. Juan García Ramos es médico cirujano de la Escuela Médico Militar y doctor en ciencias (Fisiología) del Cinvestav. Actualmente es profesor investigador visitante de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Sobre esto puedo citar una anécdota alrededor de Walter B. Cannon, el que introdujo los rayos X al estudio de los movimientos del estómago, el que realizó importantes observaciones sobre el shock por hemorragia, el que hizo trascendentales estudios sobre los mecanismos de la homeostasis, por no citar sino unas cuantas de sus contribuciones. Pues bien, en cierta ocasión, un visitante observaba por la ventana de la oficina de Cannon, quien entonces era el jefe del Departamento de Fisiología de la Universidad de Harvard. El visitante vio entrar al patio cercano un lujoso automóvil último modelo, y preguntó a la secretaria a quién pertenecía. La secretaria le respondió: "Es del jefe del Departamento de Cirugía". A este automóvil siguieron otros, todos ellos lujosos. El visitante fue informado de la llegada de los jefes de otros departamentos. A los pocos minutos entró al patio un cochecito Ford, casi de segunda mano, y el visitante preguntó entonces: "Y ahora, ¿quién es el que ha llegado?" A lo que la secretaria

contestó: "Es el profesor Cannon, que ya está aquí". Cuando más tarde el profesor Cannon conversaba con el visitante en su oficina, éste le comentó la a su parecer contrastante situación económica de los distintos jefes de los departamentos. Cannon sonrió y dijo: "mire usted, yo toda mi vida la he dedicado a la investigación científica, ello es mi riqueza, es lo que más me gusta, lo que más disfruto y, aparte de ello, todavía me pagan".

Rosenblueth, estudiante primero, y más tarde el colaborador más cercano de Cannon, pensaba de la misma manera. Llegó a México en 1944 a hacerse cargo del Departamento de Fisiología en el recién creado Instituto Nacional de Cardiología. Yo tuve la fortuna de trabajar con él desde el principio. Nuestros laboratorios, en los sótanos del Hospital, estaban prácticamente vacíos. Empezamos por barrerlos antes de instalar el equipo obsequiado por la Universidad de Harvard. Salíamos a comprar partes eléctricas y electrónicas al centro de la ciudad. Esta actividad no podía hacerla el departamento de compras, ya que se trataba de piezas especiales que había que ir a buscar en sitios diferentes y hasta escogerlas en los polvosos anaqueles de las tiendas que sólo vendían las cosas de uso común. Para esto último, íbamos en una moticicleta con "side car" que yo usaba como mi transporte particular. Estos detalles anecdóticos darán una idea de la sencillez y modestia del Dr. Rosenblueth.

Rosenblueth era un trabajador infatigable; a la hora de las comidas, en muchas ocasiones me invitaba a su casa (el Instituto le había proporcionado una casita en los mismos terrenos del Hospital). Después de un almuerzo rápido, preparado por su amable y simpática esposa, volvíamos al laboratorio a continuar con la instalación del equipo. En pocos días estuvimos listos para iniciar el trabajo experimental. Una vez empezados los experimentos, los que algunas veces se prolongaban hasta altas horas de la noche, me invitaba a cenar a su casa. Una cena rápida para volver al laboratorio. Para él no existía otra cosa que el trabajo. Lo disfrutaba completamente y esto lo mantenía de buen humor. Hacía bromas y decía chistes de casi todo. Siempre veía el lado gracioso de las cosas, de los actos y sucesos. Les hablaba a los gatos, ponía nombres rimbombantes a las ranas y a las tortugas que teníamos en el mismo laboratorio.



Muy pronto llegaron otros estudiantes, a los que pronto comunicó su espíritu de trabajo, su entusiasmo, su manera de ver la investigación científica como algo que encierra en sí el pago suficiente por su dedicación a ella. De entre estos estudiantes, puedo mencionar a Jesús Alanís, Ricardo Miledi, David Erlj, Pablo Rudomín, Joaquín Remolina, Rafael Rubio, Ramón Alvarez Buylla, y muchos más.

Dos de sus frases: 1) El gato es el único que tiene la razón, y 2) Pugnemos porque nuestro trabajo esté al nivel de los mejores del mundo, fueron las que animaron y guiaron la manera de hacer la ciencia entre sus estudiantes. Pero no todo era formalidad, cariño y respeto por la profesión. También había tiempo para algo de distracción. Decía que había que abrir de vez en cuando los abanicos del corazón. Y así, en la reunión semanal que organizaba en su casa, se charlaba de temas muy diversos, se hacía música, se cantaban canciones mexicanas, a veces hasta altas horas de la noche. Las religiosas, que hacían las labores de enfermería en el Hospital, y que vivían en la casa de junto, nunca protestaron por sentirse desveladas por la fiesta. Antes bien, en su comentario posterior incluían su agradecimiento por la serenata y su felicitación por la amplitud de nuestro repertorio de bellas canciones.

Las ideas de Arturo Rosenblueth se muestran en esta serie de reglas que formuló como parte de sus conceptos sobre el método científico.

1. La ciencia es una de las más nobles tareas del hombre. Engaña y da prestigio a quienes a ella se dedican y a los pueblos que favorecen el desarrollo de estas labores.

2. El ingrediente más importante para el quehacer científico, como para casi todas las actividades sobresalientes, es el material humano.

3. El investigador científico debe hacer su trabajo con ardor, con fe en la ciencia, con entrega total. Los que buscan chambas adicionales son solamente aventureros que buscan en la ciencia una aureola.

4. Las observaciones y experimentos deben hacerse lo mejor posible, como si estuviéramos compitiendo con hombres de la talla de Newton.

5. En la experimentación biológica, el objeto de estudio constituye un libro abierto. Nuestra tarea es la de intentar hacer la traducción correcta, aun cuando nuestra interpretación no será siempre la mejor. Esto se resume en la frase: El único que tiene la razón es el gato.

6. El experimentador debe estar siguiendo con atención su experimento. Nunca dejarlo en manos de técnicos o de aparatos. Un evento inesperado puede cambiar el curso de la investigación.

7. Los resultados experimentales que requieren tratamiento estadístico hay que verlos con desconfianza.

8. Tratemos de resolver los problemas en una forma cualitativa satisfactoria. Dejemos los datos cuantitativos en manos de los japoneses. No nos convirtamos en técnicos de laboratorio.

9. Expresemos nuestros resultados con toda claridad. Se trata de convencer a los demás de que estos son lógicos y razonables.

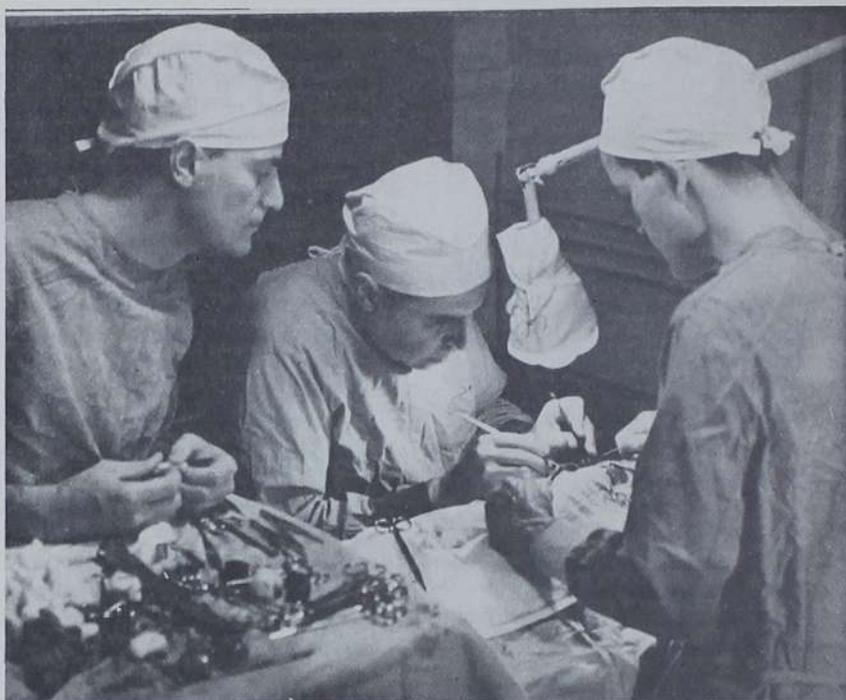
10. Tengamos presente que las verdades científicas pueden ser solamente transitorias, y que

pueden ser desmentidas por otros investigadores o por nosotros mismos con distintas técnicas.

Considero que esta manera de ver la labor científica se ha ido perdiendo. Me parece que muchos de los nuevos estudiantes, advirtiendo que el Estado ya tiene muy en cuenta que la investigación científica es benéfica para el desarrollo de la nación, y que en su propósito de impulsarla ofrece becas para atraer a ella a los jóvenes, consideran que dicha oferta es obligación del Estado y algo a lo que tienen derecho. No es todo, exigen copias gratuitas de los trabajos que podrían consultar en las bibliotecas, exigen gastos para la asistencia a congresos, etc. Es decir, piensan que su "sacrificio" por dedicarse a la ciencia merece el pago de sus servicios y las seguridades de obtener un puesto al terminar sus estudios. Seguramente no todos los estudiantes piensan de esta manera. Pero a los que así lo hacen, les pido que mediten sobre esta situación. Esta manera de pensar seguramente influye sobre la eficiencia de su trabajo, que puede llegar a ser considerado como una "chamba". En realidad, yo he visto a algunos graduados cruzados de brazos porque no se les ha proporcionado el aparato que pretenden. Esta no es una buena actitud en un hombre de ciencia. Esta labor puede hacerse con lo que se tiene a la mano, improvisando cuando esto es preciso, pero conservando ese espíritu batallador, incansable y entusiasta, que nos ha legado con su ejemplo Arturo Rosenblueth.



La contribución científica de Arturo Rosenblueth



Pablo Rudomín

Hoy se cumplen 20 años de la muerte de Arturo Rosenblueth. Los profesores del Departamento de Biofísica, Fisiología y Neurociencias pensamos que esta es una buena ocasión para hacer un balance de su obra científica, vista con la perspectiva del tiempo. Esta es una tarea difícil, porque la contribución de Rosenblueth fue abundante y cubrió muchos campos. Hizo estudios en nervio periférico, transmisión neuromuscular, sistema nervioso central, corazón, sistema cardiovascular y músculo estriado, entre otros. También publicó varios estudios de filosofía de la ciencia.

En la época actual una obra tan vasta resulta una labor virtualmente imposible de realizar. El conocimiento científico está en un proceso de expansión casi exponencial. El estar al día en una pequeña área cuesta un gran esfuerzo e impide tener un conocimiento adecuado acerca de lo que ocurre en otras áreas. Ello amerita una reflexión profunda acerca de cuál es el futuro de la ciencia y de la contribución que individuos aislados pueden hacer a la misma, sobre todo en países como el nuestro.

Ciertamente Rosenblueth vivió una época apasionante, en la que casi todo era novedad, y por lo tanto era posible hacer contribuciones importantes en campos tan disímolos sin sentirse ahogado por la cantidad de información existente. Se requería tener imaginación y capacidad para

El Dr. Pablo Rudomín es profesor titular y jefe de la Sección de Control Neural del Departamento de Fisiología, Biofísica, y Neurociencias. Su campo de investigación es la regulación de la transmisión nerviosa.

hacer las preguntas correctas, y pasión por la investigación científica. Rosenblueth tenía esas características. La gran diversidad de su obra y la brevedad del tiempo que tuve yo a mi disposición para elaborar esta presentación me han impedido hacer un análisis detallado de la misma, sobre todo en áreas fuera de mi especialidad. Por ello solicité ayuda a mis colegas. Les pedí a cada uno un par de cuartillas acerca de lo que ellos consideran, en su campo, como la contribución más importante que hizo Arturo Rosenblueth, y una opinión acerca de cuáles de los tópicos que el abordó siguen siendo de actualidad. A Jorge Aceves le solicité información acerca de las contribuciones de Rosenblueth en la transmisión sináptica adrenérgica y noradrenérgica. A Carlos Méndez, de las contribuciones hechas en la fisiología cardíaca. A Julio Muñoz, sus puntos de vista acerca de las contribuciones de Rosenblueth sobre la degeneración y regeneración de nervios periféricos. A Amelia Rivera un análisis de las investigaciones sobre la transmisión neuromuscular y la hipersensibilidad por desnervación y a Fidel Ramón información acerca de las interacciones efápticas en nervios periféricos. Por no dejar todo el trabajo a mis colegas, yo mismo tomé una parte, la del sistema nervioso central (SNC). Quedan, sin embargo, áreas por cubrir, como son las propiedades mecánicas del corazón y del músculo estriado, en las que también hizo contribuciones importantes. Con este material deseo presentar, sobre todo a nuestros estudiantes, una imagen lo más completa posible de lo que fue la obra científica de Rosenblueth, obra para muchos de ellos completamente desconocida.

Teoría de las dos simpáticas

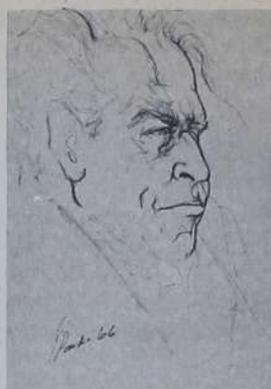
Entre los años 20 y 30, Cannon y Rosenblueth hicieron los experimentos que los llevaron a proponer la teoría química de la transmisión de impulsos y la de las dos simpáticas. En esa época se conocía muy poco de la ultraestructura, de la neuroquímica (ni pensar de la inmunocitoquímica), y de la farmacología de las uniones neuroefectoras simpáticas. En cambio, el ingenio experimental suplía a la falta de metodología sofisticada. Por ejemplo, por falta de la química cualitativa y cuantitativa para determinar las sustancias liberadas por la estimulación nerviosa, desarrollaron bioensayos tales como el

corazón denervado, la membrana nictitante, la presión arterial del gato espinal. Estos bioensayos eran muy sensibles y les permitieron detectar la presencia de pequeñísimas concentraciones de las sustancias químicas liberadas por la estimulación de los nervios simpáticos.

La teoría química de la transmisión sináptica propone que los impulsos nerviosos producen la respuesta de los efectores (músculo liso o cardíaco, glándulas, neuronas postsinápticas) a través de la liberación de sustancias químicas específicas (neurotransmisores). Cannon y Rosenblueth propusieron en 1937 que en el caso de los impulsos simpáticos el mediador químico era la simpatina. Escogieron este término para no presuponer su naturaleza química (para entonces la adrenalina era ya conocida; sin embargo, desecharon la idea de que esta fuera el neurotransmisor de los impulsos simpáticos porque no reproducía todos los efectos observados al estimular los nervios simpáticos). Sin embargo, la simpatina liberada podía tanto inhibir (relajación del intestino) como estimular (vasoconstricción arteriolar) el músculo liso. Para explicar este hecho, propusieron la teoría de las dos simpáticas. La inhibición o la estimulación dependía de si la simpatina se combinaba con una sustancia inhibidora o con una excitadora presente en la célula muscular. La unión de la simpatina con la sustancia inhibidora daría lugar a la inhibición, en tanto que su unión con la excitadora produciría estimulación.

Esta teoría constituye el germen de la clasificación de los receptores adrenérgicos propuesta por Ahlquist (1948), quien sugirió que la noradrenalina (ya von Euler, en 1946, con métodos químicos apropiados había demostrado que la simpatina era en realidad noradrenalina), puede combinarse con receptores alfa o beta presentes en el efector simpático. Hay que recalcar que los receptores no fueron clasificados como I (inhibidores) y E (excitadores) como lo sugirieron Cannon y Rosenblueth, porque un mismo receptor puede producir excitación o inhibición. Así, los receptores beta producen relajación (inhibición) del intestino, pero en el corazón producen aumento de la frecuencia y de la contractilidad cardíacas, respuestas de clara estimulación.

La contribución más relevante de Cannon y Rosenblueth al conocimiento del mecanismo de



transmisión de los impulsos nerviosos fue que la respuesta del efector no dependía de que fueran diferentes las sustancias liberadas por la terminal simpática sino que la misma sustancia liberada fuese capaz de producir tanto inhibición o excitación, dependiendo de la sustancia (receptor) con la cual se combinara. Este concepto es fundamental para la teoría actual de los receptores no sólo en relación a la noradrenalina (receptores adrenérgicos) sino también en relación a otros neurotransmisores (dopaminérgicos, serotoninérgicos y colinérgicos).

Fisiología de la fibra cardiaca

Cuando el Dr. Ignacio Chávez tuvo la visión y la habilidad de lograr que el Dr. Arturo Rosenblueth, entonces residente en los EUA, viniera a dirigir un Departamento de Fisiología en el Instituto Nacional de Cardiología, quedó establecido que al menos parte del trabajo teórico y experimental de Rosenblueth fuese dedicado al estudio del músculo cardiaco.

En la segunda parte de la década de los 40, Rosenblueth y García Ramos, y Rosenblueth y Wiener, estudiaron el mecanismo del aleteo (flutter) auricular. Esta arritmia se definía en clínica en términos de frecuencia (auricular) y no en términos de mecanismo. Resulta, por lo tanto obvio, que dicha arritmia podría ser debida a actividad automática exaltada. Sin embargo, también era posible que el flutter fuese el resultado de actividad "circular"; es decir, de actividad que regresa sobre su propio camino, siguiendo siempre la misma trayec-

toria. Esta hipótesis fue propuesta por primera vez por Mines (1913) y Garrey (1924) quienes encontraron que en anillos de tejido eléctricamente excitable (manto de la medusa y ventrículo de rana) se puede, en determinadas condiciones experimentales, iniciar y mantener un impulso que circula continuamente alrededor del anillo de tejido usado como modelo experimental. La propuesta de Mines y Garrey dejó de ser hipótesis cuando Rosenblueth y García Ramos demostraron la validez de la teoría del movimiento de "circo" para el caso del flutter. Los dos investigadores mexicanos establecieron, en corazones de perro, que para obtener actividad auricular circular es necesaria la presencia de un obstáculo anatómico o funcional. Los obstáculos anatómicos podrían ser cada uno de los orificios de entrada de las venas cavas. Ahora bien, para que se establezca un movimiento de "circo" es necesario que el perímetro del obstáculo sea lo suficientemente grande para que el frente de onda encuentre siempre por delante tejido suficientemente recuperado de su período refractario absoluto. En perros con corazones de gran tamaño el perímetro del orificio de entrada de las venas cavas puede tener la longitud requerida para mantener un flutter. Sin embargo, en perros con corazones no tan grandes no es posible establecer la arritmia. Rosenblueth y García Ramos decidieron entonces agrandar el orificio de una de las cavas machacando una banda de tejido que se prolongaba hacia la orejuela auricular derecha. En estas condiciones, siempre fue posible establecer un movimiento circular estable. La evidencia más sobresaliente que sin lugar a dudas demuestra que el flutter puede resultar de un movimiento de "circo" fue obtenida al colocar una serie de electrodos de registro en el

tejido sano que rodeaba la banda machacada; en estas condiciones, los dos autores mexicanos mostraron que durante la arritmia la actividad eléctrica recorría secuencialmente el perímetro del obstáculo. Si el flutter experimental obtenido hubiese sido debido a la descarga de un foco automático ubicado en cualquier punto de la preparación, entonces lugares equidistantes del foco automático (se supone propagación uniforme en todas direcciones) se activarían simultáneamente; es decir, puntos situados alrededor del obstáculo pero separados entre sí por una buena distancia descargarían simultáneamente si la arritmia fuese de origen automático. Esto nunca ocurrió y uno de los dos posibles mecanismos del flutter quedó completamente demostrado.

El trabajo teórico de Wiener y Rosenblueth proporcionó (entre otros avances) un concepto muy sencillo y útil de aplicación para el tratamiento médico de las arritmias circulares. Estos investigadores definieron el término longitud de onda como el producto de la duración del período refractario (tiempo) por el valor de la velocidad de conducción (espacio/tiempo). La dimensión física de la longitud de onda es por lo tanto longitud. Es entonces evidente que el flutter sólo puede persistir si la longitud de onda, que es igual a la longitud de la banda de tejido refractaria en un momento dado, es más pequeña que el perímetro del obstáculo. Si éste no fuera el caso, el frente de onda encontraría por delante de sí tejido refractario y la propagación del impulso sería imposible.

En la década de los 50, Rosenblueth hizo un estudio sobre el mecanismo llamado, en clínica, ritmo recíproco. Esta arritmia fue denominada simultánea e independientemente, "ecos" por Rosenblueth y por Moe y colaboradores. Un eco ventricular vendría dado por actividad que se inicia en uno de los ventrículos, propaga lentamente en forma retrógrada a las aurículas y regresa de nuevo al lugar de origen. Rosenblueth postuló la existencia de dos vías ventrículo-auriculares; una de ellas, la primera, no permitiría propagación retrógrada, pero una vez que propagase retrógradamente al músculo auricular por la segunda vía, el impulso regresaría por la primera vía y, si el tiempo de conducción es lo suficientemente grande, el impulso que regresa puede volver a activar el lugar donde se originó (el ventrículo). Rosen-

blueth propuso que el músculo auricular es un elemento indispensable para que la actividad regrese al lugar de origen. Este postulado ha sido plenamente confirmado por otros autores que utilizaron registros múltiples intracelulares.

En las condiciones experimentales en las que Rosenblueth trabajó no le fue posible obtener ecos auriculares; es decir, actividad que se inicia en las aurículas, viaja a los ventrículos y de alguna manera regresa a las aurículas. Por este motivo Rosenblueth propuso que la primera vía (antes mencionada) está polarizada, es decir, por ella pueden propagar impulsos de la aurícula a los ventrículos pero no en la dirección opuesta. Otros autores han mostrado, sin lugar a dudas, que pueden obtener ecos auriculares y que, por lo tanto, no es necesario postular que una de las dos vías esté polarizada. Esta desviación de lo propuesto por Rosenblueth no quita mérito al trabajo de este autor. Tampoco el trabajo de Moe y colaboradores estuvo extenso de suposiciones incorrectas. Lo realmente importante fue que se demostró que un movimiento circular restringido a un sólo giro alrededor de un obstáculo funcional (re-entrada) participa en otra arritmia cardíaca, y que entonces sería posible que las re-entradas jugaran un papel esencial en la génesis de otras arritmias cardíacas. Esta predicción ha sido ampliamente confirmada en trabajos más recientes de otros autores.

Las teorías a las que llegue un gran científico no son inalterables: siempre serán modificadas o ampliadas al cabo del tiempo. El mérito del gran científico es abrir nuevos caminos, llevar la frontera del conocimiento a áreas desconocidas y esto es lo que hizo el Dr. Arturo Rosenblueth. Sus trabajos de los años 40 siguen siendo mencionados en 1990 en revistas internacionales y ésta es la prueba de fuego que sólo pasan los avances científicos de verdadera calidad e importancia.

Interacciones efápticas en las fibras nerviosas

En la época en que A. Rosenblueth se encontraba aún en el Departamento de Fisiología de la Escuela de Medicina de Harvard, alrededor de 1940-1945,

la fisiología estaba enfocada al estudio de órganos y sistemas, aunque también se estudiaron algunas células cuyas características morfológicas y accesibilidad las hacían atractivas. La biofísica apenas estaba naciendo y con ella el enfoque reduccionista, como el estudio de las propiedades eléctricas de las membranas celulares.

Una de las estructuras más accesibles eran los nervios periféricos, por lo que fueron estudiados muy tempranamente. Además, con el recién inventado osciloscopio de rayos catódicos era fácil registrar pequeños cambios de potencial como los producidos por los potenciales de acción propagados. Así, Rosenblueth hizo numerosos estudios sobre la propagación de potenciales de acción en nervios periféricos. Como preparación experimental él usaba gatos, de manera que sus estudios fueron realizados en nervios mielinizados. Entre estos estudios se encuentran los registros de los cambios de excitabilidad que ocurren en los nervios cuando propagan una señal eléctrica.

Una característica de la propagación de potenciales de acción en los nervios es que generan un campo eléctrico capaz de inducir el mismo potencial en los nervios cercanos. Este fenómeno fue descrito en 1938 por Jasper y Monnier, quienes llamaron "sinapsis artificial" a esa región nerviosa donde ocurría el fenómeno. Estos estudios eran de extraordinaria importancia no fueron continuados debido a que en aquella época el proceso mismo de la propagación nerviosa no era entendido en aquella época. Sin embargo, ya para 1940 Hodgkin había demostrado la naturaleza de la propagación de las señales eléctricas en axones no mielinizados.

También en 1940 Katz y Schmitt demostraron que la propagación de un potencial de acción en una fibra no mielinizada produce cambios en la excitabilidad de las fibras nerviosas que se encuentran en la vecindad, mostrando así el mecanismo subyacente a la propagación en la "sinapsis artificial". Para describir este fenómeno Arvanitaki usó el término "transmisión efáptica" que ha perdurado hasta la fecha.

Estos resultados, aunque muy claros no parecieron importantes, porque habían sido obtenidos

utilizando fibras nerviosas de invertebrados como el calamar y el cangrejo, y todavía no había datos que demostraran que el mecanismo de producción y transmisión de las señales eléctricas era el mismo para todas las fibras nerviosas.

Rosenblueth se interesó por la transmisión efáptica y la estudió en preparaciones experimentales de los nervios peroneo, poplíteo y frénico del gato. Sus resultados publicados en 1941 fueron los primeros en demostrar que la transmisión efáptica también ocurre en nervios mielinizados de vertebrados. Su segundo trabajo sobre este tema fue publicado en 1944, pero para entonces el primer estudio había despertado el interés de otros fisiólogos notables, como Rafael Lorente de Nó.

El problema de los campos eléctricos producidos durante la propagación de potenciales de acción en nervios, que pueden afectar estructuras excitables vecinas tanto periféricas como centrales, ha sido estudiado repetidamente. En el caso de los nervios periféricos el grado de influencia ha sido determinado con bastante precisión; sin embargo, en regiones donde es de esperar que haya mucho más influencias de este tipo, como es en el SNC, las dificultades para demostrarlas han sido tales que no se ha hecho gran progreso. Así, los estudios de Rosenblueth permitieron esclarecer un mecanismo que se sospecha tiene una gran importancia para el funcionamiento de SNC.

Degeneración Walleriana

Entre 1939 y 1944, Rosenblueth estudió algunos aspectos fundamentales de la degeneración walleriana, esto es, el proceso degenerativo que ocurre en los nervios periféricos después de que éstos han sido seccionados.

En 1939 no estaba claro si dicho proceso se iniciaba en la proximidad de la sección, desde donde se iría propagando hacia la periferia, o bien si la degeneración nerviosa también se iniciaba precozmente en la terminal nerviosa periférica. En un trabajo que Rosenblueth realizó en colaboración con Dempsey, quedó demostrado mediante técnicas electrofisiológicas que la degeneración del tronco



nervioso comienza en la proximidad de la sección y de ahí se propaga centrifugamente. Este hecho fue confirmado en 1944 por el mismo Rosenblueth en colaboración con otro fisiólogo mexicano, Efrén del Pozo, quien a la sazón se encontraba visitando el laboratorio de Rosenblueth en Harvard, así como por Lubinska en Polonia y más recientemente por Delgado-Lezama y Muñoz-Martínez en nuestro departamento. El trabajo de Rosenblueth y del Pozo aportó una hipótesis interesante: que el curso centrifugo de la degeneración axonal manifiesta un gradiente preexistente en los axones. Aunque en ese momento no era posible proponer el sustrato material que presentaría tal gradiente, la hipótesis sigue teniendo vigencia.

Sin embargo, el curso centrifugo de la degeneración walleriana en el tronco nervioso que hoy podemos tomar como un hecho bien establecido no invalida la posibilidad de que las terminales nerviosas motoras degenerasen tanto o más precozmente que los segmentos nerviosos próximos a la sección, lo que en cierto modo contradecía el concepto de degeneración centrifuga. Consciente de esta posible contradicción, Rosenblueth, en colaboración con Lissak y Dempsey, compararon la actividad eléctrica de un nervio muscular seccionado con la actividad mecánica del músculo correspondiente y determinaron el contenido de acetilcolina del nervio. Dicha comparación indicó que la transmisión neuromuscular cesaba muchas horas antes de que se extinguiese la actividad nerviosa. No obstante, Rosenblueth y sus colaboradores tomaron este hecho como una evidencia de que las ter-



minales de los axones motores seccionados dejaban de sintetizar y liberar acetilcolina, ya que tanto la concentración de esta sustancia en los nervios como la transmisión neuromuscular disminuían progresivamente después de la sección. Así, el maestro rechazó la posibilidad de que la falla precoz de dicha transmisión resultase de una degeneración terminal tanto o más precoz que la degeneración proximal, aunque con sus experimentos no eliminaba esta posibilidad. Treinta años después, primero Ricardo Miledi, alumno de Rosenblueth, en colaboración con Slater, y luego Manolov, mostraron sin lugar a dudas que la terminal motora comienza a degenerar a las pocas horas de seccionar los axones correspondientes en el tronco nervioso.

Transmisión neuromuscular e hipersensibilidad por desnervación

Los estudios realizados por Rosenblueth sobre la hipersensibilidad por desnervación en el músculo estriado y el ganglio cervical superior (1936-1938) se ubican dentro de la polémica existente en la época sobre la naturaleza de la transmisión (química o eléctrica), en la sinapsis neuromuscular y entre las neuronas del ganglio cervical superior.

El planteamiento de Dale y Feldberg, que adjudicaba a la acetilcolina el papel de mediador químico del impulso en nervios motores, se enfrentaba a la defensa estuquista de Eccles a favor de la tras-

misión eléctrica en placa motora y ganglio cervical superior.

Dentro de este marco conflictivo, los trabajos de Rosenblueth con Joaquín Luco y Walter B. Cannon acumularon evidencias convincentes en apoyo a la teoría de Dale y Feldberg, refutando los argumentos de Eccles, uno por uno.

Los efectos de la acetilcolina, el curare y la eserina fueron estudiados por Rosenblueth en músculo estriado desnervado de gato. Rosenblueth observó que la acetilcolina era capaz de producir en músculo desnervado contracciones con propiedades muy similares a las naturales y concluyó, con base en ésta y otras observaciones, que los efectos de la acetilcolina eran semejantes a los producidos por impulsos nerviosos en músculos inervados. Además describió la acción paralizante de la acetilcolina aplicada en grandes dosis, fenómeno de desensibilización estudiado por Katz y Thesleff veinte años después (1957).

Sus resultados sobre la eserina son muy interesantes ya que Rosenblueth recalcó la idea de que la eserina tiene un efecto directo sobre el músculo, basado en la potenciación que ejerce sobre la actividad fibrilar espontánea y su capacidad para producir una contracción sin haber aplicado conjuntamente la acetilcolina.

Esta observación produjo el hallazgo, casi 25 años después, de la distribución de receptores colinérgicos sobre la membrana no sináptica de la fibra

muscular a raíz de la desnervación, y la liberación de acetilcolina por la célula de Schwann (Miledi 1960).

Por estos experimentos, Rosenblueth concluye que la transmisión neuromuscular es debida a la acción de la acetilcolina, planteando además que las latencias observadas entre el impulso motor y la contracción eran debidas a la difusión de acetilcolina de la motoneurona a la membrana muscular. En estos trabajos Rosenblueth llamó "cuanta" a la cantidad de acetilcolina liberada por el impulso nervioso, terminología usada posteriormente por del Castillo y Katz para representar la cantidad de acetilcolina liberada que producía el potencial de placa miniatura.

En sus estudios en el ganglio cervical superior desnervado del gato, Rosenblueth también aportó evidencias a favor de la teoría química de la transmisión y además, propuso dos explicaciones para la hipersensibilidad por desnervación, una de las cuales dice textualmente; "Se podría suponer que para mantener su normalidad las células inervadas requieren un suministro continuo de pequeñas cantidades del agente químico que directamente induce su respuesta. Si este agente químico faltara, las células podrían ser afectadas por cantidades más pequeñas que las normalmente necesarias... Obviamente, esto requeriría que la estructura desnervada fuera específicamente sensible al agente que falta, i.e., el agente que normalmente actúa" (Cannon y Rosenblueth *Am. J. Physiol.* **116**: 408-413, 1936).



Actualmente todavía hay especulaciones acerca de que la liberación espontánea del transmisor pueda servir para mantener la integridad de la placa motora. Lo demás ya ha sido comprobado.

El diseño de los protocolos experimentales de Rosenblueth logró la obtención de datos precisos cuya coherente interpretación apoyaba la noción de la transmisión química neuromuscular, que hoy reconocemos como la base de sus observaciones. Además, describió muchos otros fenómenos cuyos mecanismos fueron elucidados 20 a 30 años después, ya con el advenimiento de técnicas más sofisticadas de registro y la contribución de la bioquímica y la biología molecular.

Las contribuciones principales de esta línea de investigación de Rosenblueth dieron algunos de los argumentos más contundentes a favor de la transmisión química y sus ideas sobre los mecanismos de hipersensibilidad por desnervación, que fueron finalmente comprobados.

Estudios en el Sistema Nervioso Central

De los trabajos realizados en 1931 Rosenblueth concluyó que los sistemas simpático y parasimpático, responsables del control de la frecuencia cardíaca, están acoplados en forma recíproca. En su época ésta fue una contribución importante desde el punto de vista de la organización funcional de ambos sistemas. En animales simpatectomizados y con los vagos seccionados estudió los cambios de presión arterial producidos por la estimulación de nervios aferentes. La estimulación de estos nervios produce una caída de la presión arterial que Rosenblueth interpretó como debida a vasodilatación activa, consecuencia de la activación de fibras que terminan en la piel y en las vísceras. No distinguió entre la activación antidrómica de las fibras aferentes o la existencia de aferentes en las raíces dorsales.

En 1934 Rosenblueth publicó un trabajo que destaca por su elegancia metodológica, su concepción teórica y sus conclusiones respecto a la excitación e inhibición en el SNC. Analiza, en forma

cuantitativa, los cambios reflejos de frecuencia cardíaca producidos por la estimulación de aferentes vagales o del nervio depresor, lo que le permite inferir algunas características de los procesos de excitación central. Concibe al SN como una caja negra y como variable de entrada la frecuencia de estimulación. Como variable de salida considera los cambios reflejos en la frecuencia cardíaca. Ello le permite definir la relación entre la entrada y la salida, que en este caso es una hipérbola. Explica estos hallazgos con la hipótesis de la transmisión química y señala textualmente: "la acción de las sustancias químicas excitatorias e inhibitorias podría fácilmente estar restringida a las regiones superficiales de las neuronas, de cuya preferencia depende la polarización de la membrana, en la misma forma que los iones". Más adelante señala "las curvas experimentales pueden explicarse por una combinación química entre las sustancias excitatorias e inhibitorias, aunque esto no es excluyente de otros procesos". Finalmente, en el mismo estudio menciona: "la teoría más adecuada para explicar la excitación y la inhibición central parece ser la siguiente: los impulsos nerviosos que llegan a la neurona originan *cuanta* de sustancias excitatorias o inhibitorias al interactuar con estructuras diferenciadas dentro de la neurona sobre la cual actúan. Tanto las sustancias excitatorias como las inhibitorias son destruidas con una velocidad proporcional a su concentración. Para una entrada constante y en estado de equilibrio la concentración de estas sustancias es proporcional a la frecuencia de los impulsos nerviosos que llegan a la neurona".

Este texto fue escrito en 1934, hace 56 años, icasi 20 años antes de que del Castillo y Katz postulasen la liberación cuántica de transmisor en la unión neuromuscular y 20 años antes de que Eccles y colaboradores describiesen los potenciales excitatorios e inhibitorios producidos en las motoneuronas espinales al estimular aferentes de músculos sinergistas y antagonistas! Podría argumentarse que la liberación cuántica que Rosenblueth postuló no es precisamente la misma que la postulada por del Castillo y Katz. Para Rosenblueth la liberación sería cuántica en el sentido de que, por depender del potencial de acción, daría un comportamiento de todo o nada. O sea, no se trataría de un proceso en el que el mismo impulso presináptico libera distintas cantidades de transmisor de

acuerdo a un proceso estadístico al azar. Como quiera que sea, esta cuestión es materia de discusión en la fisiología contemporánea de sinapsis centrales.

En 1935 Rosenblueth describió la inhibición de reflejos espinales flexores y extensores producida por la estimulación de la corteza cerebral contralateral. Encontró que las regiones que pueden producir esta inhibición están limitadas a la corteza motora, en el giro sigmoideo anterior y posterior. De estos estudios concluyó que la inhibición no se ejerce directamente sobre las motoneuronas sino que es mediada por interneuronas, lo que es una apreciación correcta, considerando lo que se sabe actualmente. Es conveniente señalar que en esa época se conocía muy poco acerca de las vías que son activadas por la estimulación cortical y de la acción refleja de los aferentes cutáneos y musculares. Fue sólo hasta 1943, gracias a los estudios de Lloyd y Renshaw, cuando fue posible tener una idea más clara de los reflejos espinales y de la naturaleza monosináptica del reflejo miotático.

El estudio de la organización funcional de la corteza motora y su acción sobre los reflejos espinales fue de gran interés para Rosenblueth. En 1942 describió las respuestas tónico-clónicas musculares producidas por estimulación cortical. Concluyó que la actividad tónico-clónica es autosostenida y se propaga en toda la corteza cerebral. Después del trabajo de McCulloch y de Dusser de Barenne, esta actividad fue considerada uno de los primeros modelos de epilepsia experimental. Ello generó gran interés en Rosenblueth, quien trató de estudiar los mecanismos involucrados en su iniciación y terminación. Concluyó entonces que la terminación de la actividad tónico-clónica es debida a un proceso de inhibición asociado con una atenuación concomitante de un proceso excitatorio, y no a fatiga en la activación de los elementos corticales. En estos estudios Rosenblueth describió también los potenciales evocados en la corteza por la estimulación de nervios aferentes descritos muy poco tiempo antes por Adrián y por Forbes y Morrison. Dada la novedad de estos estudios, invirtió un esfuerzo considerable para analizar los distintos tipos de respuestas eléctricas registradas durante la actividad tónico-clónica y por la estimulación de aferentes sensoriales. Hay que considerar que estos estudios fueron

un intento inicial de sistematización de las respuestas eléctricas obtenidas en diversas condiciones experimentales. Es posible que a la fecha estas clasificaciones parezcan excesivamente detalladas por cuanto se refiere a la descripción de sus diversos componentes, pero hay que recordar que estos fueron estudios pioneros realmente, y que en la fecha de su realización había muy poca información acerca de la organización funcional de la corteza cerebral.

En 1945, durante la estancia de Cannon en México, Rosenblueth y García Ramos estudiaron la sensibilidad de las neuronas espinales por deservación parcial como consecuencia de hemisección espinal. La base de este estudio es el conocido antecedente de que las células musculares y glandulares deservadas se vuelven hipersensibles a los agentes químicos capaces de estimularlas. En este estudio encontraron que el reflejo miotático fásico del cuádriceps fue mayor del lado operado (hemisección espinal) que del lado normal. Actualmente se sabe que la sección espinal produce un aumento significativo de los potenciales sinápticos producidos por los aferentes de los husos musculares. Este efecto ocurre un par de horas después de la sección, pero los mecanismos involucrados aún no han sido determinados. Aunado a este trabajo publicaron también un análisis detallado de los reflejos espinales cruzados e ipsilateral. En este trabajo, además de presentar una fenomenología abundante acerca de estos reflejos y su comportamiento ante distintas frecuencias de estimulación, presentan una discusión acerca de las teorías existentes de la excitación e inhibición centrales. Para explicar la postdescarga refleja producida por la estimulación prolongada de aferentes segmentales proponen la existencia de un estado de excitación prolongado debido a la acción persistente de un transmisor químico relativamente estable, ya propuesto por Sherrington en 1925, Fulton en 1926, Samojloff y Kisselef en 1927. Postulan además que la duración de este estado facilitatorio depende de la frecuencia de activación de los impulsos aferentes y del grado de sumación de las respuestas individuales, y concluyen que la terminación de la postdescarga se debe, en parte, a la contribución de un proceso inhibitorio. Este es un trabajo interesante, no tanto por la fenomenología descrita como por las hipótesis propuestas para explicar la facilitación y la inhi-

bición de los reflejos. Visto en retrospectiva, puede concluirse que ya vislumbran en este trabajo la existencia de potenciales sinápticos excitatorios e inhibitorios. Pero su demostración real tenía que esperar primero a los trabajos de Lloyd y posteriormente a los de Eccles, estos últimos hechos con registros intracelulares de motoneuronas.

En 1949 Rosenblueth publica con Wiener y García Ramos un modelo estadístico de la excitación sináptica en la médula espinal. En este modelo suponen que las fibras aferentes se ramifican y tienen un número fijo de botones sinápticos que se distribuyen al azar sobre las motoneuronas, o sea que la probabilidad de que un aferente determinado esté conectado con una motoneurona específica es la misma para todos los aferentes y motoneuronas. También suponen que los umbrales de todas las motoneuronas son los mismos, o sea que cualquier motoneurona disparara al activarse un cierto número de aferentes.

Con estas suposiciones construyen inicialmente una distribución de Bernoulli, dado que las conexiones de los aferentes a las motoneuronas son al azar y las probabilidades de disparo de las motoneuronas son independientes. Como este modelo se ajusta pobremente a sus datos experimentales, recurren a series de Fourier. Así, encuentran que el mejor ajuste de sus curvas entrada-salida de los reflejos monosinápticos es un modelo en el cual todas las motoneuronas reciben exactamente el mismo número de fibras aferentes pero la distribu-

ción de umbrales de disparo no es homogénea. Este modelo les permite hacer algunas predicciones acerca del estado excitatorio central. Con la suposición de que cuando uno de los aferentes dispara produce una unidad cuántica de excitación, que después decae gradualmente en función del tiempo transcurrido desde la llegada del impulso, y que la excitación así producida suma linealmente con la excitación producida por la activación de otras fibras aferentes, encuentran que el decaimiento de la facilitación de los reflejos monosinápticos es exponencial, tal como lo describió Lloyd en 1946.

Cabe señalar que el modelo de Rosenblueth y Wiener fue concebido cuando existía muy poca información acerca de la naturaleza de los procesos de excitación e inhibición. Este trabajo, como todos los anteriores, fue realizado antes de la era del microelectrodo. Las respuestas reflejas del sistema nervioso fueron inferidas de registros de potenciales de acción en las raíces dorsales y ventrales. Visto a la luz del conocimiento actual, es sorprendente que aún con estas limitaciones metodológicas fueran correctas una buena parte de las conclusiones acerca de los procesos que ocurren en el sistema nervioso. Otras han tenido que cambiar con la información adquirida posteriormente, cuando el desarrollo de las técnicas electrofisiológicas permitió registrar directamente los cambios de potencial de los axones o los cuerpos celulares en respuesta a la excitación eléctrica o sináptica. En efecto, un par de años después apareció el modelo de Hodgkin-Huxley, el cual proporcionó una base teórica y ex-

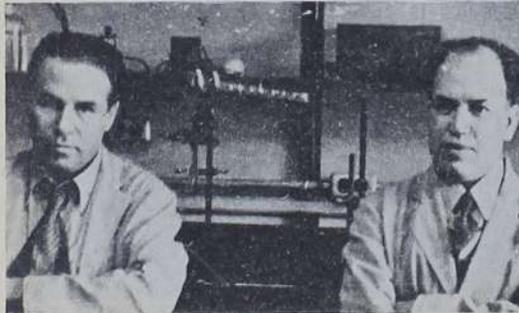


perimental de los procesos de excitación en fibras nerviosas. Y también fue entonces cuando Eccles y sus colegas pudieron registrar directamente los potenciales sinápticos de motoneuronas espinales. Ello podría explicar porque el modelo tuvo poco impacto en el campo. Más aún, con el curso de los años se ha establecido que no todas las fibras aferentes en las raíces dorsales hacen contacto con las motoneuronas, lo que hace que las curvas entrada-salida obtenidas por Rosenblueth y Wiener no sean estrictamente las curvas del reflejo monosináptico. También se han definido con mayor precisión las propiedades eléctricas de las motoneuronas y la forma en que la localización espacial de los contactos sinápticos de las fibras aferentes con las motoneuronas afecta la generación de potenciales sinápticos y de potenciales de acción. Ahora se sabe que los potenciales sinápticos, excitatorios e inhibitorios, pueden interaccionar no-linealmente entre sí, debido a los cambios de conductancia asociados a su generación. También se sabe que las motoneuronas varían en sus propiedades eléctricas y en sus respuestas sinápticas de acuerdo al músculo que inervan, y que la llegada de impulsos aferentes a las motoneuronas es controlada por mecanismos presinápticos. Todo ello hace que la elaboración de modelos que expliquen las relaciones entrada-salida en la vía monosináptica sea mucho más complicada de lo que inicialmente supusieron Rosenblueth y Wiener.

Rosenblueth y Wiener serían los primeros en decir que no había porqué esperar un modelo perfecto. Como señalan en su magnífico artículo de 1945, *The role of Models in Science*, la intención y resultado de la investigación científica son obtener un cierto entendimiento y un cierto grado de control de alguna parte del universo. Un experimento es una pregunta. Es muy difícil obtener una res-

puesta precisa si la pregunta no es precisa. Y las preguntas que se pueden hacer dependen, de una manera relevante, de la información disponible en el momento en que se formulan. Los problemas son abordados de los hechos a lo abstracto, y el modelo en sí es un intento formal para explicar el comportamiento observado. Lo importante de un modelo no son las preguntas que resuelve, sino las preguntas que plantea. Todos los problemas científicos empiezan como problemas de cajas cerradas, es decir, problemas en los cuales se reconocen algunas de las variables significantes. El progreso científico consiste en abrir progresivamente esas cajas cerradas. Los modelos son, por necesidad, simplificaciones de la realidad. Se puede concebir una situación en la que el modelo se aproxima asintóticamente a esa realidad. A medida que el modelo se complica, tenderá a hacerse idéntico al sistema original. En el límite se transformará en el sistema mismo. En las palabras de Rosenblueth y Wiener: "el mejor modelo de un gato es otro gato, preferiblemente el mismo gato".

Termino aquí, con nostalgia. Hurgar en el pasado y en las contribuciones de nuestros maestros me deja con un sentimiento de humildad profunda. Para cualquiera de nosotros es fácil decir, con la visión que da la información actual, que tal modelo, o tal o cual explicación hecha en el pasado fue insuficiente o inadecuado. En mi opinión lo importante no son esos señalamientos sino el no perder de vista que la ciencia es un proceso social integrado por las contribuciones de los científicos individuales, y que por su misma naturaleza, requiere de un ajuste continuo, proveniente, en el mejor de los casos, de una confrontación con la "realidad". Me refiero a la realidad de los científicos, que es siempre cambiante y afectada por la presencia misma del observador. Rosenblueth fue un gran experimentador, que pudo hacer preguntas importantes, muchas de las cuales siguen siendo materia de investigación y de discusión. Con sus preguntas influyó en muchos científicos de su generación y de otras posteriores. Esa influencia no fue únicamente a través de la palabra escrita y publicada, sino también a través de la discusión personal. Los que tuvimos la oportunidad de conocerlo, usufructuamos el regalo que fueron su presencia y sus enseñanzas. Sólo el tiempo dirá qué asimilamos de ellas y qué quedará de nuestras propias contribuciones.



Arturo Rosenblueth: Director fundador del CINVESTAV



Héctor O. Nava Jaimes

En un reciente libro publicado por el Dr. P.R. Masani, del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Pittsburgh, sobre Norbert Wiener, el autor se complace en presentarnos al Dr. Arturo Rosenblueth como su amigo y filósofo dentro del marco del trabajo desarrollado por estos dos grandes científicos.

En 1933, Wiener conoce a Rosenblueth: un fisiólogo mexicano de ascendencia húngara, doctorado en la Sorbonne, en París, y que desarrollaba su labor científica y de enseñanza trabajando con el Dr. Walter Cannon en la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard. Norbert Wiener se convirtió en un asiduo participante del seminario interdisciplinario sobre el Método Científico, que conducía

Rosenblueth, "El Club de Filosofía de la Ciencia". La importancia y trascendencia de este seminario en la génesis de la cibernética y en la vida del propio Wiener fueron definitivos.

El seminario terminó cuando Rosenblueth regresó a México, pero su amistosa relación perduró durante mucho tiempo, convirtiéndose Rosenblueth en uno de los más cercanos colaboradores de Wiener y en su más fraterno amigo.

Una breve descripción de Wiener sobre Rosenblueth nos dice que: "El no se inició como científico sino como músico y en algún momento ganó su vida tocando música clásica para piano en un restaurante de la ciudad de México. Arturo es un ajedrecista de primera y un magnífico jugador de bridge, tan bueno en los dos, que nunca me atrevía a jugar con él. Es un gran entusiasta de la natu-

raleza y las artes de su país... Es un trabajador arduo y exigente en honestidad, sinceridad y diligencia hacia aquellos que le rodean, exigencias de la misma naturaleza que no tienen par a las que él mismo se impone”.

La amistad profunda entre estos dos personajes, a pesar de sus diferentes vocaciones y formación y que les llevó a convivir científica y humanamente durante muchos años fue la comunidad de sus convicciones a propósito de las consecuencias de las bases metodológicas de la ciencia:

i) Una fe inmensa en la unidad de la ciencia, y la convicción absoluta, ya en esa época, de que el trabajo interdisciplinario es vital para la sobrevivencia de la ciencia misma.

ii) Una actitud positiva respecto al análisis filosófico que tiene el potencial de acelerar el adelanto de la ciencia.

iii) La aceptación del principio epistemológico de que el conocimiento sólo puede ser el conocimiento de relación-estructura.

Es la convicción del profesor Masani que la influencia del seminario interdisciplinario sobre problemas filosóficos orientó definitivamente la actividad de investigación de sus participantes; por ejemplo, a temas tan importantes como la dualidad mente-cerebro. Ejemplifica la naturaleza y orienta-



ción del seminario con aquellos círculos de “filosofía de la ciencia”, ruedas de molino que machacan y machacan el tema sin efecto perceptible en el avance de la ciencia, dando como ejemplo la naturaleza y trascendencia del último libro del Dr. Rosenblueth “Mente y Cerebro. Una Filosofía de la Ciencia”, comparado con los más estereotipados libros sobre filosofía de la ciencia contemporáneos.

No pretendo, en esta ceremonia en homenaje y recuerdo al Dr. Arturo Rosenblueth, hacer un recuento de la inmensa influencia que tuvo Don Arturo en la vida científica de una pléyade de hombres notables. El “Libro Homenaje, Arturo Rosenblueth” por nuestro inestimable Dr. Juan García Ramos, su colaborador cercano en México, me parece insuperable y ya Pablo Rudomín, Hugo Aréchiga y el mismo Juan García Ramos nos harán semblanzas sobre la influencia científica, filosófica y humanística del Director-Fundador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.

En un ensayo sobre Rosenblueth, Efrén del Pozo comenta: “La amplia cultura humanística de Arturo Rosenblueth, su interés filosófico en metodología científica y su asociación con Norbert Wiener, han impresionado a muchos comentaristas de su obra, pero estos aspectos son sólo facetas adicionales de su excepcional personalidad. No es necesario buscar luces reflejas para destacar su figura. Fue un eminente fisiólogo y nunca pretendió pasar por matemático o filósofo. Además de tocar el piano gozaba con la pintura y la literatura, pero no se le puede considerar como pianista o crítico de arte. Puede exaltarse su cultura y su preparación pero sobre todo destacar su lugar distinguido como hombre de ciencia cuyas contribuciones a la fisiología fueron brillantes”.

Es cierto que han sido escritos muchos artículos poniendo en relevancia la variedad de intereses, aptitudes y conocimientos de Rosenblueth; sin embargo, la fisiología fue su profesión, su pasión, su ruta y dedicó todo su esfuerzo y sus capacidades creativas a lo que fue su ciencia.

Tuve la oportunidad de conocer al Dr. Rosenblueth en los primeros días del mes de noviembre de 1969 en dos entrevistas antes de que acordara mi contratación en el Centro, adscrito al Departam-

mento de Ingeniería Eléctrica. Había sido presentado a él por el Ing. Eugenio Méndez por los Doctores Enrique G. León López y Bernardo Retchkiman. A pesar de su estado de salud, conservaba la agudeza de espíritu que le fue característica. Posteriormente me enteré que el Dr. Rosenblueth había regresado a nuestro país desde 1944; que su regreso, fue alentado por investigadores distinguidos como Efrén C. del Pozo, Sandoval Vallarta y el empeño del Dr. Ignacio Chávez para traerlo al nuevo Instituto Nacional de Cardiología. No estubo ausente de temor el Dr. Rosenblueth en cuanto a su futuro. Antes de irse a Harvard había sido objeto en México de incompreensiones y de un cese arbitrario. El transcurrir del tiempo y, a pesar de las dificultades de los primeros años, nos muestra claramente que no tomó una decisión equivocada. A pesar de que en Harvard, dado su relevante trabajo y responsabilidad, todo el mundo esperaba que fuera el sucesor de Cannon, esto no sucedió.

Rechazó el ofrecimiento de Profesor de la Universidad de Illinois porque le requerían adoptar la ciudadanía norteamericana. Así, por esas circunstancias y con sus deseos de regresar a México aceptó el puesto de Jefe del Departamento de Fisiología en el todavía no inaugurado Instituto Nacional de Cardiología. Su dedicación al trabajo científico, su capacidad y prestigio pronto recibieron merecido reconocimiento y pudo establecer toda una tradición científica en nuestro país en el campo de la Fisiología.

A finales de la década de los 50's un distinguido grupo de ingenieros y científicos vinculados con el Instituto Politécnico Nacional, que Rosenblueth calificó como un grupo de idealistas realistas, entre los que se encontraban Eugenio Méndez, Víctor Bravo Ahuja (recién fallecido), el Maestro Manuel Cerrillo V., Jorge Suárez Díaz y Enrique Bustamante, después de analizar críticamente los problemas de la promoción de la investigación científica y del desarrollo tecnológico en México y de la preparación de investigadores, trabajando continua y armoniosamente, elaboraron un programa para hacer reconocer la importancia de esas actividades para el país y prepararon una propuesta para llevarlas a cabo dentro de un organismo de estado.

No se arredraron ante los numerosos y serios escollos que se oponían al desarrollo de este programa. Finalmente encontraron un apoyo decidido y amistoso del gobierno y de varios organismos descentralizados que concluyeron que el proyecto era viable y debía en un futuro no muy lejano justificarse ante el país por sus resultados.

Fue el Dr. Manuel Cerrillo Valdivia el que propuso y reiteró en repetidas ocasiones que se invitara al Dr. Arturo Rosenblueth, por su prestigio y experiencia, a dirigir ese nuevo Centro de Investigación. El Dr. Rosenblueth en la inauguración formal del Centro mencionó que fue un destino generoso el que le obsequió tal distinción, tan alta como grata, de dirigir a nuestro Centro.

Ya en 1944 en su correspondencia con Wiener, Rosenblueth le alentaba a ver el fin de la 2a. guerra mundial con un mayor optimismo y, sin embargo, en 1963 expresa sucintamente su concepción del mundo al inaugurarse el Centro: "La humanidad atraviesa una época violenta, cruel y difícil en toda su historia. Están en bancarrota valores y metas de la ética individual y social que tenían un abolengo secular. Siempre es más fácil criticar y destruir que construir y no se han encontrado valores y metas nuevas que substituyan adecuadamente a los que han sido derribados" y concibe que "en medio de ese torbellino de antagonismos y desorientaciones México permanece en un oasis de juicios e ideales humanitarios y serenos".





Utopía o visión bondadosa, pero íntimamente sentida, de que el desarrollo científico y tecnológico en México podría ser uno de los elementos para la preservación de nuestros valores históricos y morales como país, propiciando, como fue el objetivo fijado al Centro, con nuestro trabajo y con nuestros resultados, un mejor bienestar para la sociedad mexicana. Los tiempos de ayer parecen repetirse hoy, más brutalmente.

En su posición como Director estableció algunas premisas que hoy vale recordar en sus propias palabras. "Desde que se empezó a planear el Centro, reconocimos que el ingrediente primordial para el éxito de una institución dedicada al cultivo de la ciencia es el ingrediente humano, la ciencia no brota espontáneamente de los laboratorios, aún cuando estén lujosamente montados y estén prolijamente equipados, ni emana tampoco de las bibliotecas, aun cuando éstas contengan copiosos acervos. El conocimiento científico es un engendro de los cerebros y mentes de algunos hombres, por eso el mito helénico hizo nacer a Atena del encéfalo de Zeus, como consecuencia de la craneotomía ejecutada por el hacha de Prometeo".

De esta premisa o principio, surge la tradición de que el profesorado del Centro trabajará rigurosamente a tiempo completo y exclusivo. La razón: "que la multiplicidad de lealtades y compromisos conduce a un dilema insoluble. Si se atiende solamente a uno no se es honrado con los otros, si se

intenta respetarlos todos, no se podrán presentar mas que resultados mediocres e incompletos. La escala de honorarios adoptada por el Centro permite a sus trabajadores no tener sino un compromiso y una lealtad, el Centro adquiere así el derecho de exigirles integridad", casi 30 años después, la situación es diferente y grave, pero debemos luchar, dentro de la situación actual del país, por preservar estos valores.

Declara Rosenblueth que las metas que debe proseguir el Centro son "llevar a cabo investigaciones originales en diversos campos de la ciencia, preparar investigadores científicos en esos campos, preparar también maestros que, diseminados en todas las universidades e institutos tecnológicos del país eleven el nivel de la enseñanza superior; finalmente, realizar estudios de ciencia o tecnología aplicados que conduzcan al progreso de nuestras industrias y al mejoramiento de las condiciones de vida de nuestra población".

En cuanto al Instituto Politécnico Nacional, el Dr. Rosenblueth establece nuestra voluntad de que la colaboración entre las dos instituciones desborde los límites del decreto de creación del Centro y que los lazos que nos unan no sólo sean académicos, sino también de amistad cordial. En la ceremonia del 5 de julio de 1963 menciona "Esta colaboración tiene raíces profundas a pesar de su juventud. Hasta muy recientemente, cuando pudimos empezar a instalarnos en nuestros edificios propios, todas las labores del Centro se desarrollaron en locales provisionales que nos facilitaron amable y desinteresadamente varias de las Escuelas del Instituto y su Patronato de Talleres, Laboratorios y Equipo, dándonos no sólo espacio, sino hospitalidad fina y amistosa. Por nuestra parte hemos tenido la satisfacción de que varios de nuestros profesores han estado y están impartiendo cursos en algunas de las Escuelas del Instituto".

La extensión del Centro en varios estados de la República se ha llevado a cabo de manera similar: la formación previa del potencial humano, el trabajo en locales provisionales y la consolidación de nuestras unidades con la participación de la sociedad y gobiernos de los estados en que nos encontramos. Ya no sólo profesores sino graduados del Centro se están diseminando en las univer-

sidades y tecnológicos del país, el Politécnico y la Universidad Nacional.

Finalmente comentó en esa misma ocasión que "Nos queda por considerar la tercera meta que hemos de perseguir, la de la realización de estudios tecnológicos o de ciencia aplicada. Estimamos este propósito de vital importancia. La creación de nuestros departamentos científicos proporcionan una asesoría potencial de alto nivel para la solución de problemas de orden práctico que debemos y queremos ofrecer al país". Clausuró su discurso con algo que tiene en mi opinión vigencia y actualidad y que quizás hoy sea controvertido: "Este acto de inauguración corona relevantemente el final de la primera y más importante etapa en la elaboración de este importante Centro, la de la gestación. Creemos que el organismo es sano y exento de vicios congénitos. Esperamos, por lo tanto, que su crecimiento y desarrollo serán exhuberantes".

"En efecto esto es sólo el principio. Necesitamos consolidar los departamentos ya establecidos y necesitamos además incrementar con varios más, hasta que cubramos todos los campos vivos de la ciencia contemporánea, para que podamos llenar las funciones que se nos han encomendado".

"Esto requerirá un apoyo aún más sólido y cuantioso que el que hemos recibido. Confiamos en que mereceremos recibir este apoyo adicional sobre la base de una labor realizada, de resultados ostensibles".

Si mencioné las palabras "quizás controvertido" es porque desde 1963 a la fecha el Centro ha crecido substancialmente y también se han creado y fortalecido varias instituciones de investigación a lo largo del país y el Centro cuenta con cuatro Unidades en cuatro estados de la República. Pero es vigente la aseveración de Rosenblueth de que seguiremos haciendo los esfuerzos necesarios para merecernos el apoyo adicional que requerimos en base a resultados evidentes.

Es nuestro deseo en esta ceremonia hacer el más ferviente voto porque el ejemplo de las acciones y las obras del Dr. Rosenblueth perduren en las futuras generaciones de egresados Cinvestav y de ello seremos responsables los investigadores del



Centro: predicar con el ejemplo, predicar con humildad, honestidad intelectual a toda prueba, compromiso profundo con nuestro país.

Al dedicar este auditorio a la memoria del Dr. Rosenblueth, como mínimo homenaje a su trayectoria científica y a su labor para dar credibilidad a la extraordinaria idea de creación del Centro como un organismo descentralizado del Estado, y gracias al Fondo Arturo Rosenblueth, creado por la donación del condominio de los siempre gratamente recordados Arturo y Virginia Rosenblueth, por sus herederos al Centro, hoy 20 de septiembre anunciamos la convocatoria al Premio Arturo Rosenblueth para las mejores tesis de doctorado presentadas y realizadas en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados para los años 1988/1989 y 1989/1990. Este premio se establece, según las bases publicadas, en forma anual.

Dr. Arturo Rosenblueth, ¡muchas gracias! los que tuvimos por lo menos el privilegio de conocerle, le guardamos orata memoria y admiración.





noticias del centro

XX aniversario del fallecimiento del Dr. Arturo Rosenblueth

Notas Breves



Para conmemorar el XX aniversario del fallecimiento del Dr. Arturo Rosenblueth, Director fundador del CINVESTAV, se celebró el pasado 20 de septiembre una ceremonia especial en la que participaron el Dr. Héctor O. Nava Jaimes, actual Director del Centro; el Dr. Hugo Aréchiga, Jefe Interino del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias y los doctores Juan García Ramos y Pablo Rudomín, quienes fueron estudiantes y colaboradores del Dr. Rosenblueth. En este mismo número de *Avance y Perspectiva* se reproducen los textos de sus intervenciones.

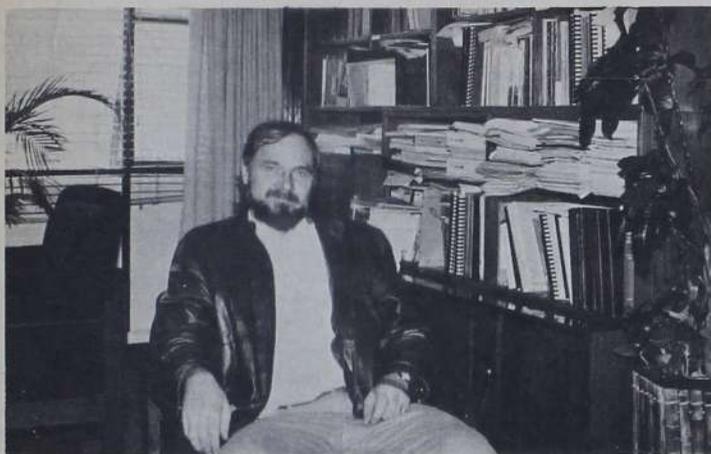
En representación de la familia del Dr. Rosenblueth, el Dr. Emilio Rosenblueth, Investigador Titular del Instituto de Ingeniería de la UNAM y miembro del Colegio Nacional, develó la placa que dedica el Auditorio del CINVESTAV a la memoria del Dr. Arturo Rosenblueth. Asimismo, gracias a un fideicomiso creado con el patrimonio que cedió la familia del Dr. Arturo Rosenblueth al CINVESTAV, se instauraron los premios Arturo Rosenblueth a las mejores tesis doctorales presentadas por estudiantes menores de 35 años del Centro en las cuatro áreas que se cultivan en nuestra institución. Se otorgarán dos premios por área, uno para el autor de la tesis y otro para el director de la misma, y consistirán en un diploma y tres millones de pesos.

La Academia de la Investigación Científica de México y la National Academy of Sciences (NAS) de los EUA celebraron una serie de seminarios sobre las Fronteras de la Biología en las instalaciones del CINVESTAV y de la UNAM entre el 1o. y 3 de octubre de 1990. Los miembros de la NAS que impartieron estos seminarios son: **Dr. Francisco José Ayala**, U. California; **Dr. Purnell W. Choppin**, **Howard Hughes**, Med. Inst.; **Dr. Gail Roberta Martin**, U. California; **Dr. Ricardo Miledi**, U. California; **Dr. William Erwin Paul**, Inst. of Allergy and Infectious Diseases; **Dr. David L. Pearson**, U. Arizona; **Dr. Robert Palese Perry**, Fox Chase Cancer Center; **Dr. Florante Quiocho**, Rice Univ.; **Dr. David Domingo Sabatini**, NY U. School of Medicine.



El Departamento de Física del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) pasó a ser ahora el Instituto de Física "Luis Rivera Terrazas", en honor a quien fuera rector de la UAP durante el período 1975-1981. Este departamento fue creado por él mismo en 1975 y en su fundación participaron varios egresados del Departamento de Física del CINVESTAV. La planta de investigadores del nuevo instituto está integrada por 20 investigadores con doctorado y tres con maestría. De ellos, seis son egresados del Departamento de Física del CINVESTAV.

Eduard J. Weiss Horz, Jefe del Departamento de Investigaciones Educativas



La Dirección del CINVESTAV, contando con la aquiescencia de la Junta Directiva, nombró al Dr. Eduard J. Weiss Horz como Jefe del Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) por un período de cuatro años a partir del 1o. de octubre de 1990. El Dr. Weiss Horz substituye en el cargo a la M.A. Elsie Rockwell.

El Dr. Weiss Horz se incorporó al DIE en 1979. Es maestro en pedagogía del trabajo de la Universidad Erlangen, Alemania (1973) y doctor en ciencias sociales, con especialidad en sociología de la educación y en estudios de América Latina, de la misma Universidad Erlangen (1983). Su campo de investigación es el currículum y didáctica, especialmente en la educación técnica y agropecuaria. Ha publicado cuatro libros, 11 artículos en revistas y ha dirigido 2 tesis de maestría y 5 de especialización. El DIE cuenta actualmente con 16 profesores y 25 estudiantes de posgrado.

Se instaló la COPBEP 1990

El pasado 28 de septiembre quedó instalada la Comisión de Promoción y Becas de Exclusividad y Productividad (COPBEP) 1990 del CINVESTAV. Además de dictaminar sobre las solicitudes de promoción y de renovación de becas de exclusividad y productividad del personal académico del Centro, en esta ocasión las actividades de esta comisión incluirán por primera vez el dictamen de las recién creadas becas de desempeño académico. Esta comisión está integrada por dos profesores de cada una de las cuatro áreas del Centro. Área de ciencias exactas: Dra. Rosalinda Contreras, preside (Química), Dr. Miguel Angel Pérez Angón (Física); área de ciencias biológicas: Dr. Carlos Argüello (Patología Experimental), Dr. Saúl Villa Treviño (Biología Celular); área de ingeniería y tecnología: Dr.

El CINVESTAV firmó un convenio de intercambio académico con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) para promover el intercambio de profesores y brindar asesoría y colaboración en proyectos de investigación. Además, se firmó un acuerdo específico de colaboración para crear la licenciatura en biología en la UAQ. El responsable operativo de este convenio es el **Dr. Hugo Archiga**, jefe interino del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias.



El **Dr. Ignacio Magaña Plaza**, profesor titular del Departamento de Bioingeniería y Biotecnología, fue electo presidente de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería por el período 1990-1991. En la nueva mesa directiva fue elegida también la **M. en C. Ma. Carmen Montes Horcasitas**, profesora auxiliar del mismo departamento. Esta sociedad fue fundada en 1983 y cuenta con 160 socios.



Se celebró un convenio de colaboración entre el CINVESTAV y la Universidad Autónoma de Tlaxcala para desarrollar el proyecto de investigación "Producción, riqueza y deterioro ambiental: el caso de la cuenca Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala". El coordinador de este proyecto por parte del CINVESTAV es el **M.C. Eric Castañares Maddox**, profesor auxiliar de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia.



René Asomoza (Ingeniería Eléctrica), Dr. Ignacio Magaña Plaza (Bioingeniería y Biotecnología); área educativa: Dra. María Teresa Rojano Ceballos (Matemática Educativa), Dr. Eduard Weiss Horz (Investigaciones Educativas).

Reconocimiento al personal con 20 y 25 años de servicio

El Dr. Héctor O. Nava Jaimes, Director del Centro, entregó diplomas de reconocimiento a la labor desempeñada por el personal académico y de apoyo que ha cumplido 20 y 25 años de servicio en la institución. Estos diplomas corresponden a 24 trabajadores con 25 años y 7 con 20 años de servicio. Los profesores que cumplieron 20 años de servicio son el Dr. Carlos Calvo Méndez, del Departamento de Genética y Biología Molecular, y los doctores Enrique Ramírez de Arellano y Juan José Rivaud Morayta del Departamento de Matemáticas.

El Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1990 para investigadores y estudiantes de la Unidad Irapuato

El Dr. Octavio Paredes López, Profesor Titular y Coordinador del Laboratorio de Biotecnología de Alimentos de la Unidad "Jesús Reyes Heróles" del CINVESTAV en Irapuato, compartió el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1990 con su grupo de colaboradores y estudiantes. Este premio es auspiciado por la industria Coca-Cola. En la categoría profesional del premio, el Dr. Paredes y la M. en C. Ana Paulina Barba de la Rosa recibieron el primer lugar con el trabajo "Desarrollo de procedimientos enzimáticos para la producción de harinas ricas en proteínas y jarabes con potencial edulcorante". Este trabajo fue el tema desarrollado por la M. en C. Barba de la Rosa en su tesis de maestría en ciencias (Biotecnología de Plantas), presentada en la misma Unidad. En la categoría estudiantil del mismo premio, la Ing. Bioquímica Ma. del Rosario Olivares Vázquez obtuvo el primer lugar con su tesis de licenciatura, presentada en el Instituto Tecnológico de Celaya, titulada "Utilización de garbanzo porquero para la producción industrial de aislados y concentrados proteicos". El Dr. Paredes y el Dr. César Ordorica Falomir, investigador titular de la misma Unidad Irapuato, asesoraron esta tesis. Otra estudiante del Dr. Paredes obtuvo también una mención honorífica en la categoría estudiantil del mismo premio. Se trata de la Ing. Bioquímica Ma. Lourdes Palma Tirado, su tesis fue presentada en el Tecnológico de Celaya, y fue asesorada también por el Dr. Alfonso Cárabez Trejo, investigador del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM.

La fundación Ricardo J. Zevada organizó una serie de conferencias sobre los proyectos de investigación que apoyó en 1989. Las dos conferencias correspondientes al área de ciencias biológicas y biomédicas se impartieron en el auditorio Arturo Rosenbluth del CINVESTAV: "Bases moleculares del dimorfismo en *Candida albicans* y *Yarrowia lipolytica*", por el Dr. José Ruiz Herrera, profesor titular del Departamento de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV; "Modulación dopaminérgica de los canales de potasio en células secretoras de prolactina", por el Dr. Gabriel Cota Peñuelas, profesor adjunto del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV.

El Profesor Richard Ernst visitó el Departamento de Química del Centro la semana del 20 al 24 de agosto de 1990. Durante su estancia dictó dos seminarios sobre la química de los pentadienilos metálicos; visitó también la Universidad Autónoma de Puebla y la UNAM. El Dr. Ernst es experto en química organometálica y líder en el desarrollo de la química de los ligantes pentadienilo. A él se debe la síntesis y caracterización de los metalocenos abiertos, así como un estudio comparativo detallado entre estas especies y sus análogos cíclicos.

El Dr. Luis G. Gorostiza, profesor Titular del Departamento de Matemáticas del CINVESTAV, fue el coordinador del Comité organizador del IV Congreso Latinoamericano de Probabilidad y Estadística Matemática, celebrado en el antiguo Colegio de San Ildefonso en la ciudad de México del 24 al 29 de septiembre de 1990. Este congreso es organizado por el Comité Latinoamericano de la Sociedad Bernoulli para la Estadística Matemática y la Probabilidad con el apoyo de instituciones mexicanas, la OEA, la UNESCO y la NSF (EUA).

Graduados entre julio y septiembre de 1990

Maestros en ciencias

Ramón Flores Gómez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 17 de agosto. Diseño y construcción de un equipo de electrocirugía. Asesor: Dr. Lorenzo Leija Salas.

Jorge Blancas Nuñez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 17 de agosto. Diseño y construcción de un control electrónico proporcional de temperatura para una planta de fermentaciones. Asesor: M. en C. Ernesto Suaste Gómez. Es profesor auxiliar de la Sección de Bioelectrónica del CINVESTAV.

Ligia Beatriz Canto Ortiz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 10 de agosto. Caracterización de la autoproteólisis de los trofozoitos de *Entamoeba histolytica*. Asesor: Dr. Rubén López Revilla. Es profesora titular en el Depto. de Parasitología de la ENCB del IPN.

Bertha María Guadalupe Jiménez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 22 de agosto. Caracterización de la autólisis de trofozoitos de *Entamoeba histolytica*. Asesor: Dr. Rubén López Revilla.

Francisco Nava Sinsel. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 7 de septiembre. Participación de glicoconjugados de *Leishmania mexicana pifanoi* en sus interacciones con macrófagos. Asesor: Dr. Carlos Isaura Argüello. Continúa su doctorado en el Depto. de Patología Experimental del CINVESTAV.

Víctor Manuel Vidal Martínez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 20 de julio. Comunidades de helmintos intestinales de *Cichlasoma urophthalmus* (Günter, 1862). Patrones de distribución en algunas localidades del Sureste de México. Asesor: M. en C. Guillermo Salgado Maldonado. Es auxiliar de investigación en la Unidad Mérida del CINVESTAV.

Ma. Leopoldina Aguirre Macedo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 20 de julio. Efectos producidos por metacercarias de *Echinochasmus zubedakhaname* en *Cichlasoma urophthalmus* (Günter, 1862) (Pisces: Cichlidae) del Estero de Celestún, Yucatán. Asesores: M. en C. Guillermo Salgado Maldonado y Dra. Ma. Cristina Chávez Sánchez. Es auxiliar de investigación en la Unidad Mérida del CINVESTAV.

Iliana Osorio Moreno. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 7 de septiembre. Efectos patológicos de la aflatoxina B1 en crías de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). Asesor: Dra. María Cristina Chávez Sánchez.

Ramón Mauricio Coral Vázquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 16 de julio. Identificación y caracterización de clones de una biblioteca de expresión que codifican para antígenos de superficie de *Giardia lamblia* relevantes en la relación hospedero-parásito. Asesoras: Dra. María Guadalupe Ortega Pierres y Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda.

Isabel Enrique Miranda Peralta. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 28 de agosto. Expresión diferencial de algunas proteínas en células activas en proliferación y en células en reposo. Asesor: Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal. Es investigador en el Laboratorio de Investigación del Servicio de Hematología del Hospital General de México.

Luis Marat Alvarez Salas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 10 de septiembre. Análisis molecular de factores nucleares que interactúan con la región control del papilomavirus humano tipo 18. Asesores: Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal y Dr. Alejandro Manuel García Carrancá. Continúa su doctorado en el Depto. de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV.

Juan Carlos Menéndez Carbajal. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 23 de

julio. Estudios farmacocinéticos de la administración oral de la combinación de los fármacos antibacterianos sulfametoxazol y trimetoprim. Asesor: Dr. Gilberto Castañeda Hernández, M. en C. Francisco Javier Flores Murrieta.

Francisco Javier Solís Romero. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 17 de agosto. Estudio crítico del potencial ponderomotriz para las ondas planas linealmente polarizadas. Asesor: Dr. Bogdan Mielnik Manwelow. Continúa su doctorado en la Universidad de Chicago, EUA.

Adolfo Padilla Ibarra. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisicoquímica. 11 de septiembre. Transporte de oxígeno en el sistema metal/electrolito sólido/metal y su respuesta en impedancia compleja. Asesor: Dr. Juan Manuel Aceves Hernández. Es investigador en el Depto. de Electroquímica del Instituto Mexicano de Petróleo.

Felipe de Jesús González Bravo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisicoquímica. 21 de septiembre. Estudio voltamperométrico y cronoamperométrico de la electro-reducción de perezona en acetonitrilo. Asesor: Dr. Juan Manuel Aceves Hernández. Es investigador en el Área de Procesos Energéticos Alternos del Instituto Mexicano del Petróleo.

Gonzalo Flores Alvarez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 10 de julio. Efecto de la inervación serotoninérgica sobre la actividad dopaminérgica en los ganglios basales del cerebro de rata. Asesores: Dr. Jorge Aceves Ruiz y Dr. Daniel Martínez Fong. Continúa su doctorado en el Depto. de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV.

Héctor Jiménez Salazar. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 30 de julio. Un modelo de herencia múltiple para TM. Asesor: Dr. Juan Miguel Gerzso Cady. Se incorporó a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Puebla.

Víctor Manuel Yépez García. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 10 de agosto. Dinámica caótica en controladores adaptables. Asesores: Dr. Romeo Salvado Ortega Martínez y Dr. José Luis Leyva Montiel. Se incor-

poró a la planta de investigadores del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Antonio Ramírez Treviño. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 24 de agosto. Modelado de tareas y especificación de controladores en células robotizadas. Asesor: Dr. Luis Ernesto López Mellado. Se incorporó a la planta de investigadores del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Juan Bernardo Arevalo Galarza. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 27 de agosto. Codificación de línea en redes de área local. Asesor: Dr. David Muñoz Rodríguez. Es Jefe de Servicio Telefónico del CINVESTAV.

Rodolfo Feroso Rojas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 28 de agosto. Diseño y construcción de un transmisor con diodo láser a 41.24 Mbit/s para sistemas de comunicaciones por fibra óptica. Asesor: Dr. Hildeberto Jardón Aguilar. Es investigador analista en el Centro de Investigación y Desarrollo de Teléfonos de México.

Martín Figueroa Mireles. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 13 de septiembre. Modelación de redes neuronales. Asesor: Dr. Jan Janecek.

Alejandro Tinoco Alvarado. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 27 de septiembre. Sistema distribuido con microcontroladores de la línea 8051. Asesor: Dr. Jan Janecek, Dr. Juan Manuel Ibarra Zannatha.

José Gerardo Tinoco Ruiz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 20 de julio. Continuidad: génesis y desarrollo conceptual. Tratamientos unificadores de los principales resultados sobre funciones continuas desde un punto de vista didáctico. Asesor: M. en C. Antonio Rivera Figueroa. Se integró a la planta de profesores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Francisco Javier Fernández Pacheco. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 13 de agosto. APL notación algorítmica de aritmética general. Asesor: M. en C. Carlos Arman-

do Cuevas Vallejo. Se integró a la planta de profesores de la Sección de Graduados de la ESIME del IPN.

Rosa Amelia Rodríguez Luévanos. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 17 de agosto. El modelo de Van Hiele del desarrollo del pensamiento geométrico: una experiencia en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Asesor: Dr. Alfinio Flores Peñafiel. Se incorporó a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Héctor Díaz Leal Guzmán. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 25 de septiembre. Continúa su doctorado en el Depto. de Matemáticas del CINVESTAV.

Carlos Villarreal Carrasco. Maestro en Ciencias en la especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 28 de agosto. Eliminación de impurezas sólidas y gaseosas en bronce al aluminio por medio de inyección de gases insolubles. Asesores: Dr. Manuel Méndez Nonell y M. en C. Juan Méndez Nonell.

María Betzabet Quintanilla Vega. Maestro en Ciencias en la especialidad de Toxicología. 21 de septiembre. Caracterización de la producción de porfirinas por cultivos primarios de hepatocitos de rata y efecto del plomo sobre la producción de las mismas. Asesores: Dr. Lamberto Tomás Mendoza Figueroa y Dr. Mariano Enríquez Cebrián García.

Doctores en ciencias

Haydée Kerima Torres Guerrero. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 10 de julio. Estudio sobre la organización de la cromatina de *Entamoeba histolytica*. Asesor: Dra. Isaura Meza Gómez-Palacio. Continúa su posdoctorado en Harvard School of Public Health, EUA.

Mario Alberto Rodríguez Rodríguez. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 9 de agosto. Proteínas y genes que participan en la interacción de *Entamoeba histolytica* con la célula blanco. Asesor: Dra. María Esther Orozco Orozco.

Jesús Valdés Flores. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 13 de agosto.

Antígenos y secuencias génicas relacionadas con el enquistamiento de *Entamoeba invadens*. Asesor: Dra. María Esther Orozco Orozco. Se incorporó a la planta de profesores del Depto. de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV.

Fidel de la Cruz Hernández Hernández. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 13 de agosto. Receptores de la célula huésped que participan en la interacción con *Entamoeba histolytica*. Asesor: Dra. María Esther Orozco Orozco. Se integró a la planta de profesores del Depto. de Patología Experimental del CINVESTAV.

Silvia Lorenia Cruz Martín del Campo. Doctor en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 28 de septiembre. Un análisis experimental cuantitativo del desarrollo temprano de dependencia a opiáceos. Asesor: Dr. Julián Ernesto Villarreal Castelazo. Se integró a la planta de profesores de la Sección de Terapéutica Experimental del CINVESTAV.

Juan José Alvarado Gil. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 24 de agosto. Simetrías y sus consecuencias para algunos procesos radiativos. Asesor: Dr. José Luis Lucio Martínez. Se incorporó a la planta de profesores de la Sección de Metrología del CINVESTAV.

Gabriela González Mariscal Muriel. Doctor en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 16 de julio. Significado funcional del metabolismo de la progesterona en el sistema nervioso central. Asesor: Dr. Carlos Beyer Flores. Se incorporó a la planta de profesores de la Unidad Tlaxcala del CINVESTAV.

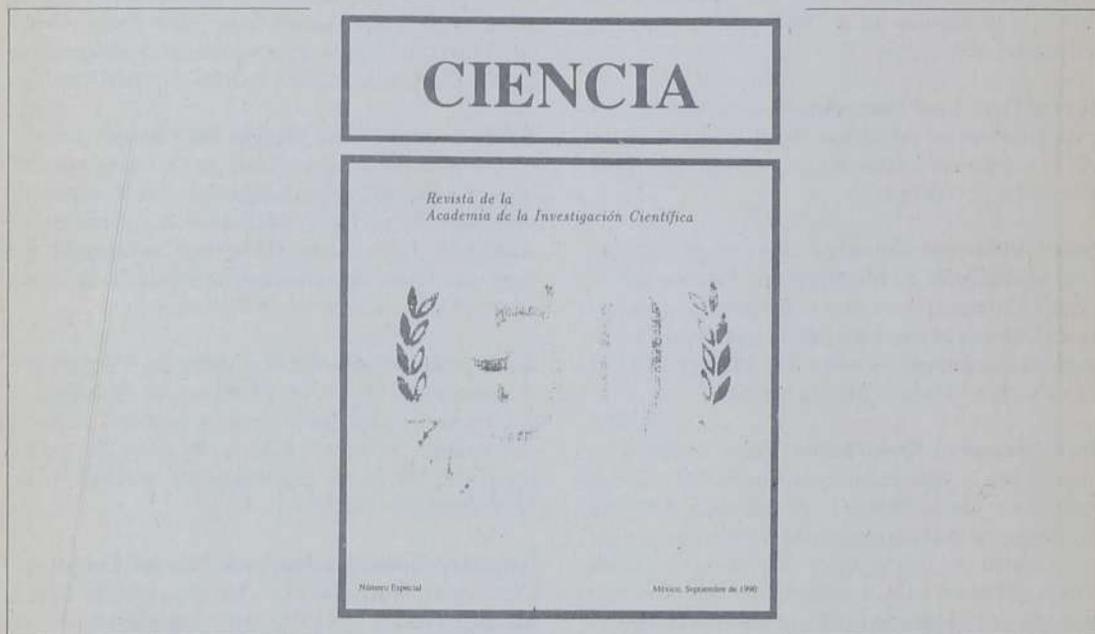
María Susana Balda. Doctor en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 7 de septiembre. Señales intracelulares en el ensamble y sellado de la unión oclusora. Asesor: Dr. Marcelino Cerejido Mattioli. Continúa su posdoctorado en la Universidad de Yale, EUA.

Ramón Peña Sierra. Doctor en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 20 de julio. Estudio teórico-experimental del proceso MO-CVD para depósito de GaAs usando arsénico metálico. Asesor: Dr. Arturo Escobosa Echavarría. Se incorporó a la planta de profesores de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del CINVESTAV.

Documentos

Cincuenta años de *Ciencia*

Texto presentado el 5 de septiembre de 1990 en la ceremonia organizada por la Academia de la Investigación Científica con motivo del quincuagésimo aniversario de su revista *Ciencia*.



Adolfo Martínez Palomo

Hace 50 años un grupo de eminentes biólogos, químicos y médicos españoles, refugiados en México por la guerra civil, iniciaron un proyecto que se antojaba utópico. Todo aquel que, como don Ignacio Bolívar, decidiera establecer aquí una publicación científica periódica, en plena guerra mundial, podría ser calificado de iluso. Todo aquel que, co-

mo yo, debe buena parte de su formación a los republicanos españoles, sabe que el calificativo de iluso pudo aplicarse a ellos, pero no con el significado de engañados, sino con el de soñadores... soñadores de un mundo mejor y más justo.

Este año celebramos los cincuenta años de esa ilusión; de esa revista, *Ciencia*; recordamos a sus fundadores y damos reconocimiento a los que dieron continuidad a su obra.

El número especial conmemorativo de *Ciencia* ha sido dedicado a un solo tópico: la salud. ¿Qué hubiera pensado don Ignacio Bolívar al saber

El Dr. Adolfo Martínez Palomo es profesor titular y jefe del Departamento de Patología Experimental. Sus áreas de interés son la biología del cáncer, de las membranas biológicas y de las enfermedades parasitarias frecuentes en México, así como el desarrollo de la ciencia en América Latina.

que cincuenta años después de iniciada *Ciencia* seguimos indagando mejores medidas de control de infecciones como el sarampión, la diarrea o las infecciones respiratorias agudas, que ocupan buena parte de esta revista? ¿Cuál hubiera sido su comentario al ver que, medio siglo después, continuamos revisando las relaciones entre la desnutrición, el desarrollo y el crecimiento?

Cuando don Ignacio fundó *Ciencia*, la primera causa de mortandad de los mexicanos era la diarrea y luego seguían las infecciones respiratorias, el paludismo y el sarampión. Hoy, como lo precisa el número especial coordinado por el Dr. Marco José, nuestro país es muy semejante y, al mismo tiempo, muy diferente al de 1940. Por un lado, las diarreas y las infecciones respiratorias, indicadores de pobreza, siguen estando entre las primeras seis causas de muerte. El sarampión y el paludismo, a su vez, siguen produciendo con frecuencia, si no muerte, sí incapacidad temporal.

Pero, por otro lado, los mexicanos morimos hoy, sobre todo, por padecimientos propios de los países ricos: enfermedades del corazón, cáncer, diabetes y accidentes (término éste con el que enmascaramos el origen violento de muchas muertes). A medida que *Ciencia* ha prosperado, hemos accedido al desarrollo, sin dejar de ser subdesarrollados.

Tal vez no sea coincidencia que tres de los participantes en esta sesión, los Drs. del Río, Aréchiga y yo tengamos en común con *Ciencia* algo más que haberla alentado. Meses más o meses menos (los menos, por cierto, a mi favor) los tres llegamos al medio siglo casi al mismo tiempo que la revista. Al nacer, nuestros padres pudieron haber predicho cuál era la esperanza de vida que esperaba a aquellos a los que se nos ocurrió irrumpir en un mundo en guerra. La respuesta para México, en 1940, era: ¡45 años! Hemos pues, mis colegas y yo, superado ya la expectativa promedio. Hoy, en cambio, nuestros hijos tienen una esperanza de vida muy superior, que tal vez supera ya los 70 años.

Pero, ¿cuál hubiera sido la esperanza de vida previsible para una revista científica en ese mismo 1940? Por más soñador que se fuera, la realidad ha superado las expectativas: la revista *Ciencia*, nadie lo duda, entra con vigor a su segunda mitad de siglo.

Es bueno, en medio del desaliento, buscar sustento para nuestro optimismo. Cualquiera que haya seguido la evolución de las publicaciones de divulgación científica a lo largo de las últimas décadas estará de acuerdo en que nuestra producción es ahora mucho más rica y abundante. No es proeza menor que *Ciencia*, *Ciencia y Desarrollo*, *Avance y Perspectiva* y la serie *La Ciencia desde México*, entre otras publicaciones, hayan sobrevivido y aun prosperado en la triste década de los ochenta, cuando la crisis económica congeló nuestros sueños, dejó maltrecha nuestra ciencia y acentuó problemas de salud que estaban en vías de solución.

El mensaje que contiene el volumen especial conmemorativo de *Ciencia* no es, como podrían interpretar algunos, el fomento de la ciencia utilitarista. Es manifestar que debemos emplear un concepto amplio de la ciencia y de las disciplinas científicas para poder analizar la situación de la salud de México, para considerar alternativas y proponer soluciones. Lo mismo puede aplicarse a cualquiera de otros de nuestros grandes problemas: la contaminación y el crecimiento de la población, ambos en ascenso; o los energéticos y los alimentos, ambos en descenso.

Lo dijo el propio don Ignacio Bolívar al hacer la presentación de su revista:

"De una manera general tratará de tener al lector al corriente de los progresos que (las ciencias) realicen en todos los órdenes, tanto en su aspecto puramente científico como en sus aplicaciones a la Medicina, a la Agricultura y a la Industria, y, en especial, dará a conocer los nuevos métodos que mejoren los usuales para la obtención de productos y puedan ser base de nuevas industrias o aplicaciones de utilización práctica e inmediata."

Las ciencias de la salud abarcan hoy, como lo refleja el número conmemorativo, una amplísima gama. Desde la biología molecular hasta la investigación en servicios de salud, pasando del enfoque celular de la biomedicina, al individual de la investigación clínica y al poblacional de la investigación social.

No deja de ser notable que el espacio de *Ciencia*, ocupado casi siempre por científicos reduccionistas como yo (la microscopía electrónica es

el *summum* del reduccionismo) haya cedido hoy espacio a artículos que, en su conjunto, ofrecen un concepto integral de las ciencias de la salud. Salud, por cierto, que ha resultado ser demasiado compleja para seguir siendo el ámbito exclusivo de los médicos que, por otro lado, siguen teniendo la responsabilidad profesional de fomentarla. Si algunos de los problemas que hoy revisa *Ciencia* en su número especial van a ser resueltos en los próximos 50 años, ello será gracias a la aplicación de todas las ciencias que influyen en la salud, sin jerarquías simplistas ni modas pasajeras.

En buena medida, el notable impulso que ha experimentado en años recientes la investigación en salud pública en México y la formación de profesionales en la especialidad, entrenados en las mejores universidades de Estados Unidos y de Inglaterra, se debe a la labor del ex-presidente de la Academia de la Investigación Científica, Dr. Guillermo Soberón. El fortaleció instituciones y propició la formación de esos nuevos y valiosos recursos humanos que trabajan ya para el progreso de la salud.

Concluyo con un recuerdo entrañable para aquellos inolvidables españoles que se han ido sin ver la cosecha madura que hoy festejamos. Gracias a Fernando del Río por su labor espléndida, hoy continuada por Julio Rubio. Enhorabuena al Dr. Marco José por su trabajo paciente y persistente que culmina con esta útil monografía sobre la salud de México.

A los Bolívar, don Ignacio y don Cándido, quisiéramos decirles:

¡vuestra *Ciencia* goza, a los 50 años, de cabal salud!

Referencias

- Bolívar, I. Presentación. *Ciencia*. Revista hispano-americana de Ciencias puras y aplicadas. 1: 1-2, 1940.
- Ciencia*. Revista de la Academia de la Investigación Científica. Número especial. Septiembre, 1990.



Luis Herrera Estrella: preparación y oportunidad

Texto de la presentación del Dr. Luis Herrera Estrella en la entrega del Premio de la Academia de la Investigación Científica 1989 en Ciencias Naturales, el 29 de septiembre de 1990.



Manuel V. Ortega

“La suerte”, decía Luis Pasteur, “favorece solamente al preparado”. Por ello, para alcanzar el éxito en lo que se programa es tan importante contar con el elemento humano capacitado como con los medios materiales necesarios. Para fortuna de Luis Herrera Estrella y de la biotecnología mexicana, se han combinado estos dos factores en su corta pero fructífera vida científica.

Cuando Herrera Estrella decide dedicarse a la microbiología acude a la institución de más abolengo en este campo, la Escuela Nacional de Ciencias

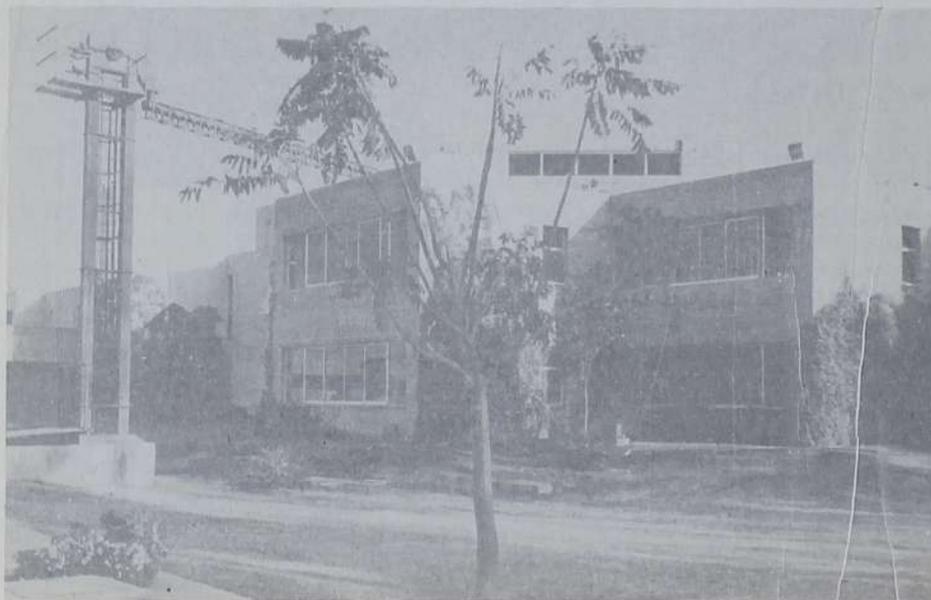
Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Cuando, colmado de honores, egresa de ella y define su vocación por la investigación, se dirige al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, la mejor institución federal de educación de posgrado y de investigación científica y tecnológica. Allí obtiene, brillantemente, la maestría en ciencias. Era el tiempo en que las autoridades de ese Centro, convencidas de la importancia presente y futura de la ingeniería genética vegetal y de la biotecnología, reclutaron a varios jóvenes científicos prometedores y los enviaron a realizar sus doctorados y posdoctorados en las mejores instituciones europeas. Bajo el liderazgo de Alejandro Blanco y con el apoyo permanente y generoso de las administraciones de Enrique Velasco Ibarra y de Agustín Téllez Cruces,

El Dr. Manuel V. Ortega es Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

nace y se desarrolla, en Irapuato, la actual "Unidad Jesús Reyes Heróles" del Cinvestav. Se le localiza en el estado en el que, hace unos cuantos días, usted, C. Presidente, expresó: "por su capacidad y potencialidad agropecuaria, para Guanajuato la ingeniería genética y la biotecnología son prioritarias para su desarrollo". Y es a esa Unidad a la que, al término de su preparación en Gante, regresa Luis Herrera Estrella. Es él, después de rechazar ofrecimientos millonarios de trabajo en el extranjero, el primero de la serie de jóvenes investigadores, preparados en la nueva metodología de la ciencia moderna en la que, sin desdeñar el trabajo del científico solitario, se reconoce que, para avanzar en este vertiginoso cambio científico y tecnológico, quien no actúe en grupos multidisciplinarios y multi-institucionales no tiene grandes perspectivas hacia el futuro. Obtener patentes como las que Herrera Estrella ha registrado, es el resultado del trabajo continuo de muchos. Preparar las primeras plantas transgénicas creadas en México, en toda Latinoamérica, como lo hizo Herrera Estrella, es producto de los esfuerzos combinados de muchos científicos, especialistas en muy diversas áreas. Preparar jóvenes en esta disciplina requiere del dominio de muchas otras.

Así pues, en la carrera científica de Luis Herrera Estrella encontramos la conjunción de prepa-

ración y oportunidad: la ciencia básica ligada a la aplicada y al desarrollo tecnológico; la publicación científica de alta calidad hermanada a las patentes para la productividad agrícola; la descentralización de la investigación científica y tecnológica, y las acciones interdisciplinarias e interinstitucionales; la obtención del apoyo de las empresas del sector privado (Nestlé, Bimbo y Monsanto, entre otras), con el apoyo coordinado de los gobiernos estatal y federal. En fin, tal parece que Herrera Estrella hubiera conocido el panorama de desarrollo científico-tecnológico que se nos propone en el Plan Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica 1990-1994. Fue en 1986 cuando el entonces Secretario de Programación y Presupuesto, hoy Presidente de la República, después de escuchar la presentación de cinco proyectos de desarrollo científico-tecnológico prioritarios, incluido el de Herrera Estrella, acordó un apoyo económico extraordinario para ellos. De los líderes de proyecto involucrados, dos han sido ya reconocidos con el Premio Nacional de Tecnología y Diseño. Al tercero le entregará hoy usted, C. Presidente, el Premio de la Academia de la Investigación Científica. Tres de cinco es una muy buena marca. No cabe duda, C. Presidente, que cuando usted apostó a Luis demostró tener muy buen ojo clínico.



Investigación en biotecnología agrícola en Guanajuato

Texto presentado durante la visita del Lic. Carlos Salinas de Gortari a la Unidad Jesús Reyes Heróles del Cinvestav el 11 de septiembre de 1990.



Ariel Alvarez Morales

Es para mí un honor dar a todos ustedes la más cordial bienvenida a esta unidad del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, para llevar a cabo esta reunión, que tan gentilmente ha querido usted, señor presidente, tener con la comunidad científica del estado de Guanajuato. Esto demuestra una vez más el compromiso e interés del gobierno que usted preside por el desarrollo de la ciencia y tecnología como medio para que el país se incorpore de

manera ventajosa al cada vez más integrado sistema comercial internacional, y que se alcancen los niveles de desarrollo social e industrial, que aseguren un nivel de vida decoroso para cada mexicano y una entrada firme de nuestra nación al siglo XXI.

Guanajuato es un estado rico en tradición científica, lo cual se percibe claramente al percatarnos de que son más de cuarenta grupos los que llevan a cabo labores de investigación científica o de desarrollo tecnológico, dentro de las instituciones de educación superior o centros de investigación que hay en la entidad. La gama de especialidades que se cubren abarcan las ciencias sociales, médicas, agrícolas, básicas y de desarrollo tecnológico, la formación de re-

El Dr. Ariel Alvarez Morales es director de la Unidad Jesús Reyes Heróles del Cinvestav en Irapuato, Gto. Su campo de investigación es la ingeniería genética de plantas.

cursos humanos en todos sus niveles, desde la instrucción técnica hasta el posgrado.

El gobierno del estado ha reconocido esta tradición de excelencia científica y no sólo la ha mantenido, sino que la ha estimulado a través del apoyo que ha otorgado y seguramente continuará brindando a los diferentes centros de investigación.

Asimismo, señor presidente, no puedo menos que recordar que siendo usted secretario de Programación y Presupuesto durante el anterior gobierno, apoyó en forma decidida a esta unidad y aprovecho esta ocasión para reiterarle nuestro agradecimiento, sin pasar por alto los apoyos significativos que se han tenido por parte del gobierno del Estado, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y de la Secretaría de Educación Pública.

Estos apoyos se han traducido en un centro de investigación científica de vanguardia en el campo de la biotecnología agrícola, donde se desarrollan trabajos de alimentos, control biológico de plagas, utilización eficiente del nitrógeno en los sistemas agrícolas y, como componente significativo, se llevan a cabo investigaciones en biología molecular e ingeniería genética de plantas.

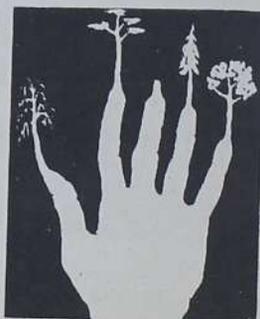
Como ejemplo de nuestros aportes podríamos citar el uso del amaranto como alternativa viable para enriquecer la dieta de nuestro pueblo, o la detección temprana de variedades de frijol propensas al endurecimiento prematuro. Se ha podido orientar al agricultor sobre el mejor aprovechamiento del nitrógeno en los suelos del bajo, y, a través de técnicas de ingeniería genética, contamos ya con variedades de papa resistentes a enfermedades virales y variedades de tomate capaces de producir su propio bioinsecticida.



Los resultados obtenidos son producto de la correcta aplicación de principios científicos básicos. Esto nos ha convencido de que las soluciones tecnológicas que demanda el país para su desarrollo deberán estar firmemente apoyadas en los resultados de investigaciones básicas del más alto nivel. Por esta razón, nos esforzamos por encontrar el balance adecuado entre investigación básica y desarrollo tecnológico, que nos permita ofrecer soluciones duraderas, y que respondan a las necesidades y realidades del país.

Por otro lado, para llevar a cabo labores de investigación y desarrollo tecnológico de excelencia, es indispensable contar con los apoyos que aseguren la continuidad y eficiencia de esta labor. Se requiere implementar un mecanismo expedito que asegure la obtención oportuna de insumos de importación. Se requiere contar con suficiente personal de mantenimiento cuyo alto nivel de preparación asegure el óptimo funcionamiento y duración de instalaciones y equipo, cada vez más sofisticado y costoso; por otro lado, el carácter internacional de la ciencia exige que se cuente con sistemas bibliotecarios y de información modernos que aseguren un acceso eficiente a la literatura especializada, de la cual se nutre el quehacer científico y lo resguarda del rezago.

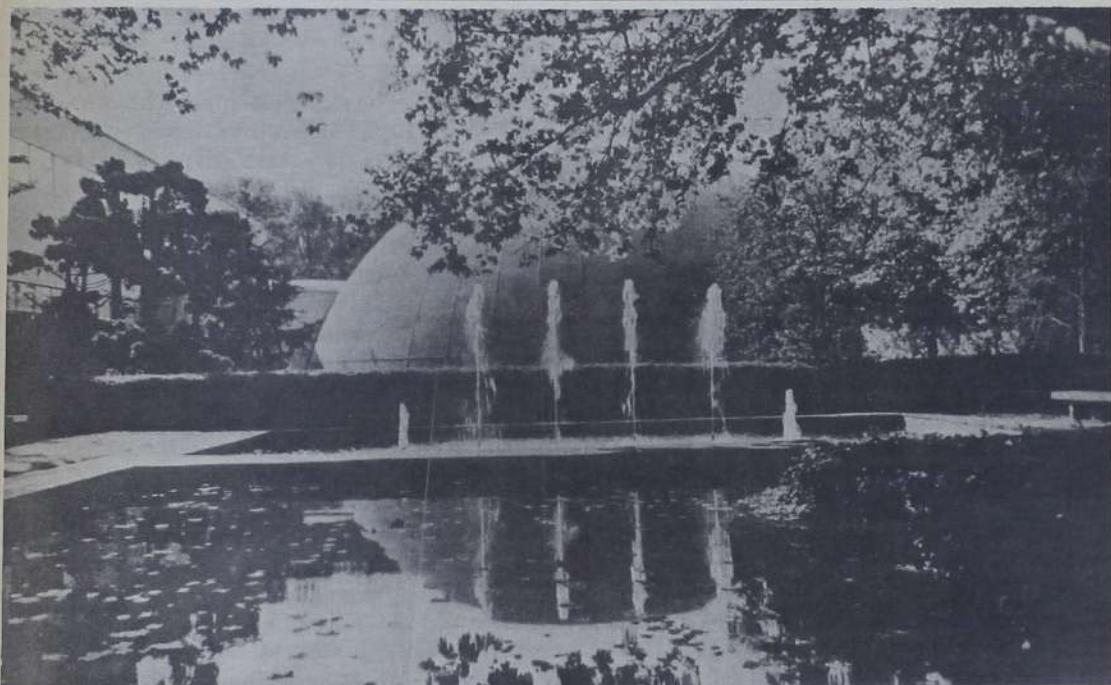
Señor Presidente, con la seguridad de su continuo y creciente interés en la ciencia y la tecnología, refrendamos hoy ante usted el compromiso de poner todos nuestros esfuerzos para sentar las bases de un México más competitivo, y poder lograr el desarrollo que nuestro país merece y demanda. Tenga usted la plena seguridad de que las reflexiones anteriores son el producto de nuestro deseo de cumplir eficientemente nuestro compromiso con México.





espacio abierto

David Baltimore: Perfil de un investigador



David Pendlebury

Universidad Rockefeller.

En julio de 1990, David Baltimore asumió la presidencia de la Universidad Rockefeller. Se trata de su regreso, pues Baltimore fue estudiante de esa universidad a principios de los años 60. Luego de obtener su doctorado en 1964, Baltimore desempeñó diversos cargos en la Escuela Superior de Medicina Albert Einstein, que se encuentra en la ciudad de Nueva York (1964-65); en el Instituto Salk, en La Jolla, Cal. (1965-68); y en el Instituto Tecnológico

de Massachusetts, en Cambridge (1968-90). Hasta junio de 1990, fue también director del Instituto Whitehead para la Investigación Biomédica en Cambridge, cargo que ocupaba desde 1982. Mientras estuvo en el Whitehead, Baltimore tuvo que arreglárselas para repartir su tiempo en diversas tareas administrativas, docentes y de investigación, una habilidad que sin duda perfeccionará aún más como presidente de la Rockefeller.

The Scientist decidió revisar el trabajo de investigación que ha llevado a Baltimore a tales alturas, tomando en consideración sobre todo el registro de citas en general, así como sus artículos más citados.

David Pendlebury es un analista del Departamento de Investigación del Instituto de Información Científica (ISI) en Filadelfia, EUA. Este artículo fue tomado de *The Scientist*, 9 de julio de 1990, pág. 16. Traducción de Carlos Chimal.

Baltimore, quien ahora tiene 52 años de edad, es uno de los científicos más citados en el mundo, y se ubicó entre los primeros de la lista que *The Scientist* publicó bajo el título "Las superestrellas de las citas". Durante el periodo que va de 1965 a 1978, su obra había merecido 6,773 menciones explícitas en revistas incluidas en el *Science Citation Index (SCI)*, del Instituto para la Información Científica, que tiene su sede en la ciudad de Filadelfia. En dicho índice, Baltimore aparecía en el lugar número 66 entre los científicos más citados en el mundo (*The Scientist*, marzo 19 de 1990, pág. 22). Desde entonces, ha escalado la lista constantemente. Para el periodo 1973-84, sus publicaciones habían sido citadas 10,150 veces, lo cual lo ubicaba en el lugar 32 (*The Scientist*, febrero de 1990, pág. 22). Y en el periodo más reciente que se tiene registrado, 1981-88, sus colegas se han referido a su labor de investigación 7,574 veces. De esta manera, según datos del ISI, Baltimore es hoy el vigésimosexto científico más citado en el mundo. Durante los tres periodos mencionados, el promedio de citas por año fue 484, 846 y 947, respectivamente.

Baltimore ha publicado al menos una docena de artículos de investigación citados más de 300 veces, y no menos de cinco docenas citados más de 100 veces cada uno. El artículo que lo llevó a la fama y lo hizo merecedor del Premio Nobel en 1975 (el cual compartió con Howard M. Temin, de la U. de Wisconsin en Madison, y Renato Dulbecco, del Instituto Salk, en La Jolla) fue aquél en el que reportaba el descubrimiento de la transcriptasa inversa: "Viral RNA-dependent DNA polymerase", *Nature*, 226:1209-11 Junio 27 de 1970. Según el *SCI*, este artículo ha merecido más de 1,150 citas desde su publicación y es el trabajo de Baltimore con mayor número de referencias.

En él, Baltimore anunciaba un hallazgo sorprendente: que los virus del ARN podían hacer copias de sí mismos. Hasta entonces, se pensaba que la información genética era transmitida sólo del ADN al ARN y nunca en el sentido inverso (de allí el nombre de "transcriptasa inversa" para la enzima que permite la duplicación de los genes virales dentro del ADN). Lo que Baltimore encontró en el virus de la leucemia en un murino (roedor) de Moloney, lo descubrieron en forma independiente Temin y

Satoshi Mizutani en el virus sarcoma de Rous (véase H.M. Temin, S. Mizutani, "RNA-dependent DNA polymerase in virions of Rous sarcoma virus", *Nature*, 226:1211-3, 27 Junio de 1970). El artículo de Temin-Mizutani, que recibió 1,193 citas, aparecía inmediatamente después del artículo de Baltimore en la misma edición de *Nature*. Resulta interesante comparar año por año el número de citas de ambos artículos, pues mientras el clásico de Baltimore siguió siendo citado, el artículo de Temin-Mizutani perdió cada vez más "popularidad".

El editor de *Advances in Virus Research* pidió a Temin y Baltimore que colaboraran en una revisión del trabajo de ambos, cosa que hicieron en 1971. Este artículo, que es el cuarto más citado de Baltimore, sumaba 378 citas hacia fines de 1989. "Si bien el estudio de los retrovirus y la transcriptasa inversa se ha movido rápidamente, gran parte de la información básica en esta primera revisión es aún válida y parece ser aceptada como una revisión autorizada", escribió Temin durante 1998, en su comentario al Citation Classic (véase *Current Contents/Life Sciences* 31[51-52]:19, 19-26 Diciembre de 1988). Temin hacía notar que recientes referencias a dicha revisión "se encontraban en artículos sobre el virus de inmunodeficiencia humana, pero otras se encontraban en trabajos sobre retrovirus, oncogenes, virus B de la hepatitis y polimerasas de ADN en general", lo cual ilustra el profundo impacto que su trabajo ha tenido. Concluía Temin: "En la actualidad hay más interés, suponiendo que así es, en la transcriptasa inversa que cuando fue descubierta y esta revisión fue redactada".

Otros dos artículos que se encuentran entre los siete más citados de Baltimore vieron la luz en 1970. Ambos —su quinto y sexto más citados— fueron escritos en colaboración con su esposa, Alice S. Huang, quien está asociada al Hospital Infantil de Boston y a la Universidad Harvard. (Huang tendrá su año sabático en 1991.) El quinto artículo reportaba el mecanismo de la enfermedad viral, y el sexto trataba sobre la polimerasa del ARN en el virus de la estomatitis vesicular.

El segundo artículo más citado de Baltimore apareció en 1975, y el tercero y séptimo fueron publicados en 1980 y 1981, respectivamente. El se-

gundo y tercero se ocupan del virus de la leucemia y oncogénesis; el séptimo en una minireseña, aparecida en *Cell*, sobre la conversión genética, una clase de mecanismos conocidos que pueden actuar sobre familias de genes a fin de mantener su homogeneidad secuencial.

El impacto de la investigación que ha llevado a cabo Baltimore durante su vida no muestra síntomas de debilidad. Durante el año pasado, tres de sus artículos recientes, publicados en 1988 y 1989, han sido considerados "imprescindibles" por *The Scientist* y publicados en la columna "Hot Papers". Uno, sobre las proteínas de caja homeo, apareció en la edición del 9 de julio de 1990 de *The Scientist*; y los otros dos, acerca de un inhibidor de un factor de transcripción y un nuevo motivo de vinculación y dimerización del ADN, fueron registrados en la edición del 2 de octubre de 1989 (pág. 15) y 28 de mayo de 1990 (pág. 20) de *The Scientist*.

En fecha reciente, Baltimore ha escrito también sobre quién debe reglamentar el trabajo y publicaciones de los investigadores.

Además de las graves responsabilidades administrativas en su nueva función, no hay duda de que Baltimore, como lo demostró durante su gestión en el Whitehead, seguirá publicando numerosos y notables artículos.

¿Una mejor universidad?

La institución que Baltimore conducirá durante los próximos años goza de una reputación bien ganada como una de las más prestigiosas en el mundo de la investigación biomédica. Pero, ¿la Universidad Rockefeller sigue adelante o se ha dormido en sus laureles?

Según datos extraídos del *SCI*, dicha universidad no sólo mantiene su posición preponderante, sino que va en aumento.

La gráfica que aparece a continuación ilustra el promedio de citas por artículo (factor de impacto) de trabajos realizados en la Universidad Rockefeller respecto del total de todos los reportes científicos producidos en los Estados Unidos, lo cual representa un punto de referencia para verifi-

car cambios en la magnitud de la información a lo largo de los años. El periodo que nos ocupa, 1973-88, se encuentra dividido en una docena de intervalos por lustros que se traslapan, cada uno de los cuales incluye artículos que aparecieron en esos cinco años y citas a tales artículos en el mismo periodo.

Si bien a principios de la década de los 80 pareció adormilada, Rockefeller ha despertado con gran energía. En el periodo más reciente (1984-88), los artículos producidos por los científicos de Rockefeller fueron citados un promedio de 15.2 veces cada uno.

Por el contrario, el promedio de citas para los artículos publicados por instituciones de los Estados Unidos durante un periodo similar fue de 5.5. Esto es, 2.8 citas para cada artículo de Rockefeller por una para los artículos norteamericanos, lo cual significa el mayor factor de impacto que los artículos generados en Rockefeller han mostrado en las últimas dos décadas.

A partir de que la Rockefeller puso mayor énfasis en la investigación en biología celular y molecular, genética e inmunobiología —los campos con más altas tasas de promedio de citas que, digamos, la química orgánica, geofísica o matemáticas— no es sorprendente encontrar un promedio de citas por artículo para la Rockefeller un 180% más alto que el promedio para todas las ciencias en los Estados Unidos.

Sin embargo, el factor de impacto de citas de la Rockefeller resulta ser mayor, incluso comparado con las universidades estadounidenses que ponen un énfasis similar en la investigación biológica y la biomédica, como por ejemplo la Universidad de California, en San Francisco.

De hecho, entre las cien universidades de mayor trascendencia en los Estados Unidos, Rockefeller se clasificó como la primera en el periodo 1973-1988, así como también en el periodo 1981-1988, según determinó el Departamento de Investigación de ISI.

El cuadro representa una encuesta de 7,800 artículos citados de los científicos de Rockefeller.

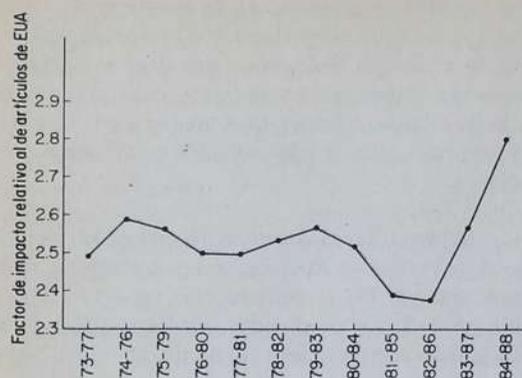


Figura 1. Se presenta el factor de impacto, definido como la razón del número de citas entre el número de artículos, de los investigadores de la Universidad Rockefeller normalizado al factor de impacto de los artículos publicados por instituciones estadounidenses (5 citas/artículo).

Treinta y siete de esos artículos resultaron citados cuatrocientas veces o más, lo cual, de acuerdo con el criterio de ISI, los coloca en la categoría de citas clásicas.

Un artículo embarazoso

A través de los años, los artículos de David Baltimore han producido más que un interés en ellos. Sin embargo, probablemente él desea que uno de sus bibliografía dejara de tener tanto interés, al menos entre la gente no especializada: "Repertorio alterado de la expresión genética de la inmunoglobulina endógena en ratones transgénicos que contienen un gene de cadena pesada mu rearrreglada", publicado en *Cell*, 45:247-59 mayo de 1986. Este artículo ha sido el centro de no poco menos de cuatro audiencias del congreso, dos investigaciones de los NIH y

Artículos más citados de David Baltimore

1. D. Baltimore, "Viral RNA-Dependent DNA polymerase", *Nature*, 226:1209, 1970. Citas totales hasta 1989: 1159.
2. R. McCaffrey, T.A. Harrison, R. Parkman, D. Baltimore, "Terminal deoxynucleotide transferase activity in human leukemic cells and in normal human thymocytes". *New England Journal of Medicine*, 292:775, 1975. Citas totales hasta 1989: 421.
3. O.N Witte, D. Baltimore, A. Dasgupta, "Abelson Murine leukemia virus protease is phosphorylated in vitro to form phosphotyrosine", *Nature*, 283:826, 1980. Citas totales hasta 1989: 403.
4. H.M Temin, D. Baltimore "RNA-directed DNA synthesis and RNA tumor viruses", *Advances in Virus Research*, 17:129, 1972. Citas totales hasta 1989: 378.
5. A.S Huank, D. Baltimore, "Defective Viral Particles and Viral Disease Processes", *Nature*, 226:325, 1970. Citas totales hasta 1989: 356.
6. D. Baltimore, A.S. Huank, M. Stampfer, "Ribonucleic Acid Synthesis of Vesicular Stomatitis Virus. II. An RNA polymerase in the Virion". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 66:572, 1970. Citas totales hasta 1989: 332.
7. D. Baltimore "Gene conversion: some implications to immunoglobuline genes", *Cell*, 24:592, 1981. Citas totales hasta 1989: 327

numerosos artículos periodísticos, todos concernientes a la autenticidad de la investigación.

La controversia de tres años nace de la incapacidad de la posdoc Margaret O'Toole de repetir los experimentos en el Laboratorio de Thereza Imanishi-Kari en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Las dudas de O'Toole sobre la validez del artículo de *Cell*, el cual Imanishi-Kari, Baltimore y cuatro investigadores más publicaron en colaboración, finalmente encontró salida a través del representante John Dingell (demócrata por Michigan), presidente del subcomité de vigilancia del Comité de Energía y Comercio de la cámara.

Citas al artículo de *Cell*

A partir del año	Revistas	Periódicos
1986	3	0
1987	14	0
1988	4	12
1989	11	14
Total:	40	26

Índice del Volumen 9

Índice de materias

Bibliotecas

Decálogo del bibliotecario, Umberto Eco 70

Ciencias Biológicas

Por las fronteras de la biología, A. Martínez Palomo 3

El doctorado directo en genética y biología molecular (innovaciones educativas), M.L. Muñoz Moreno 47

Epilepsia. Un enfoque multidisciplinario (libros), E.J. Muñoz Martínez 55

Respuestas de las plantas a factores ambientales adversos, E. Pérez Molphe Balch y N. Ochoa Alejo 93

Investigación y docencia en el Área Biológica del Cinvestav, F. Ramón y H. Aréchiga 147

Luis Herrera Estrella: preparación y oportunidad, M. V. Ortega 293

Correo

Sobre la Estadística y las ciencias básicas, Tyché 74

Distinciones Académicas

Premio Aida Weiss 1989 40

Premios al mérito 1989 116

Premio CANIFARMA 1989 115

Premio de la AIC 1989 38

Premio Lola e Igo Fleisser-Puis 1989 181

Premio Nacional Ericsson 1989 114

Premios Nobel en Física y Química 1990 261

Premio Raman 1989 181

Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 1990 290

Divulgación de la ciencia

30 años de *Ciencia*, A. Martínez Palomo

Educación

Calidad de la educación primaria: contexto, contenido y proceso en el Programa de Modernización Educativa (perspectivas), E. Rockwell 104

La evaluación curricular en educación matemática (innovaciones educativas), T. Salcido 187

Física

El acelerador LEP y el futuro de la física de partículas elementales, G. López Castro 11

Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física (libros), M. de Ibarrola 56

Fotoluminiscencia de películas delgadas, C. Falcony Proceedings of the Third Mexican School of Particles and Fields (libros), J.L. Díaz Cruz 83

Física y matemáticas en la frontera, D.J. Gross 122

Cúmulos de átomos: ¿una nueva física?, J. Dorantes Dávila 131

The New Physics (libros), M.A. Pérez Angón 167

¿Es el protón una partícula elemental?, Alfonso Rosado Sánchez 200

261

Homenajes

Mauricio Russek, In Memoriam, P. Rudomín 99

XX aniversario del fallecimiento de A. Rosenblueth, Presentación, H. Aréchiga 263

Arturo Rosenblueth: su filosofía, J. García Ramos 265

La contribución científica de Arturo Rosenblueth, P. Rudomín 268

Arturo Rosenblueth: Director fundador del CINVESTAV, H.O. Nava Jaimes 279

Matices

Argumentos estadísticos para abandonar de una vez por todas el despilfarro en hecísticas ciencias básicas y recurrir en cambio a las aplicadas, M. Cerejido 60

Minúsculas tribulaciones del investigador de campo, Quémasda 63

La sustitución, R.A. Garrido Moctezuma 67

Luz, más luz, E. Carlos 124

El día que la ciencia me salvó la vida, M. Cerejido 127

Los virus achicadores de cabezas, M. Cerejido 195

Nombramientos

Director de la Unidad Irapuato 113

COPBEP 1990 285

Comisiones dictaminadoras del SNI 180

Presidente de la AIC 37

Jefe del Departamento de Investigaciones Educativas 285

Política científica

El quehacer científico en México (perspectivas), H. Aréchiga 25

La Academia de la Investigación Científica: treinta años (perspectivas), P. Rudomín 30

Comentarios a "El posgrado en el CINVESTAV: una estrategia posible" (perspectivas), E. Rockwell 34

La brecha tecnológica en Brasil, R. Gama 202

Química

El plástico, una historia llena de polietileno, A. Paz Sandoval	19
El complejo mundo de la síntesis química, A. Flores Torres	75
El parque del triángulo de la investigación (Avances de ciencia y tecnología), R. Contreras	173
¿Por qué es necesario un posgrado en química?, A. Paz Sandoval	245
La resonancia magnética nuclear. Un método de, análisis químico, N. Farfán García	213
Cúmulos metálicos. Un punto de vista químico, M.J. Rosales Hoz	229
Las celdas de combustible. Una fuente alternativa de energía, O. Solorza Feria	233
La química del fin del siglo, L.A. Torres Gómez	239
Cuando los químicos se enamoraron de la simetría, A. Flores Parra	225
XXV aniversario del Departamento de Química. Presentación: Sin la Química nada funciona, R. Contreras	211
Elías James Corey, Premio Nobel de Química 1990, A. Flores Parra	262
El boro y el tratamiento del cáncer, R. Contreras	219

Rincón epistemológico

Un caballo blanco no es un caballo, R. García	51
Definiciones, R. García	119

Teoría de la ciencia

Ciencia y actitudes científicas, S. Chandrasekhar	175
---	-----

Índice de autores

A	
Alvarez Morales, Ariel <i>Investigación en biotecnología en Guanajuato</i> (documentos)	295
Aréchiga, Hugo <i>El quehacer científico en México</i>	25
<i>Investigación y docencia en el Area Biológica del Cinvestav</i>	147
<i>XX aniversario del fallecimiento de Arturo Rosenbluth: presentación</i>	263
C	
Carlos, Elisa Luz, <i>más luz</i> (matices)	124
Cerejido, Marcelino <i>Argumentos estadísticos para abandonar de una vez por todas el despilfarro en hesicásticas ciencias básicas y recurrir en cambio a las aplicadas</i> (matices)	60
<i>El día que la ciencia me salvó la vida</i> (matices)	127
<i>Los virus achicadores de cabezas</i> (matices)	195
Contreras, Rosalinda <i>El parque del triángulo de la investigación</i> (avances de ciencia y tecnología)	173
<i>El boro y el tratamiento del cáncer</i>	219
<i>XXV aniversario del Departamento de química: presentación</i>	211
Chandrasekhar, S. <i>Ciencia y actitudes científicas</i> (perspectivas)	175
D	
de Ibarrola, María <i>Catálogo 1989-90 de Programas y Recursos Humanos en Física</i> (libros)	56
Díaz Cruz, J. Lorenzo <i>Proceedings of the Third Mexican School of Particles and Fields</i> (libros)	122

Dorantes Dávila, Jesús <i>Cúmulos de átomos ¿una nueva física?</i>	167
--	-----

E

Eco, Humberto <i>Decálogo del bibliotecario</i> (espacio abierto)	70
---	----

F

Falcony, Ciro <i>Fotoluminiscencia de películas deigadas</i>	83
Farfán García, Norberto <i>La resonancia magnética nuclear. Un método de análisis químico</i>	213
Flores Parra, Angelina <i>El complejo mundo de la síntesis química</i>	75
<i>Cuando los químicos se enamoraron de la simetría</i>	225
Elías James Corey, <i>Premio Nobel de Química 1990</i>	262

G

Gama, Ruy <i>La brecha tecnológica en Brasil</i> (espacio abierto)	202
García, Rolando <i>Un caballo blanco no es un caballo</i> (rincón epistemológico)	51
<i>Definiciones</i> (rincón epistemológico)	191
García Ramos Juan <i>Arturo Rosenbluth: su filosofía</i>	265
Garrido Moctezuma, Rubén Alejandro <i>La sustitución</i> (matices)	67
Gross, David J. <i>Física y matemáticas en la frontera</i> (espacio abierto)	131

L

López Castro, Gabriel <i>El acelerador LEP y el futuro de la física de partículas elementales</i>	11
---	----

M

Martínez Palomo, Adolfo	
<i>Por las fronteras de la biología</i>	3
<i>Cincuenta años de Ciencia</i> (documentos)	290
Muñoz Martínez, E. Julio <i>Epilepsia. Un enfoque multidisciplinario</i> (libros)	55
Muñoz Moreno, María de Lourdes <i>El doctorado directo en genética y biología molecular</i> (innovaciones educativas)	47

N

Nava Jaimes, Héctor O. <i>Arturo Rosenbluth: Director fundador del CINVESTAV</i>	279
--	-----

O

Ochoa Alejo, Nefalí <i>Respuesta de las plantas a factores ambientales adversos</i>	93
Ortega, Manuel V. Luis <i>Herrera Estrella: Preparación y oportunidad</i> (documentos)	293

P

Paz Sandoval, Angeles <i>El plástico, una historia llena de polietileno</i>	19
<i>¿Por qué es necesario un posgrado en química?</i>	245
Pendlebury, David <i>David Baltimore: perfil de un investigador</i>	297
Pérez Angón, Miguel Angel <i>The New Physics</i> (libros)	200
Pérez Molphe Bach, Eugenio <i>Respuestas de las plantas a factores ambientales adversos</i>	93

Q

Quémasda <i>Minúsculas tribulaciones del investigador de campo</i> (matices)	63
--	----

R			
Ramón, Fidel <i>Investigación y docencia en el Área Biológica del CINVESTAV</i>	147	Miembro COPBEP 1990	285
Rockwell, Elsie <i>Comentarios a "El posgrado en el CINVESTAV: una estrategia posible" (perspectivas) Calidad de la educación primaria: Contexto contenido y proceso en el Programa de Modernización Educativa (perspectivas)</i>	34	Cota Peñuelas, Gabriel <i>Conferencias Ricardo J. Zevada</i>	285
Rosado Sánchez, Alfonso <i>¿Es el protón una partícula elemental? (Los premios Nobel de Física y Química 1990)</i>	261	Cuomo, Jerry <i>Física en el sureste</i>	42
Rosales Hoz, Ma. del Jesús <i>Cúmulos metálicos un punto de vista químico</i>	229	Darzon, Alberto <i>Premio de Ciencias Naturales de la AIC de la Fuente, Juan Ramón Premio de Ciencias Naturales de la AIC 1989</i>	39
Rudomín, Pablo <i>La Academia de la Investigación Científica: treinta años (perspectivas) Mauricio Russek, In Memoriam (perfiles de Investigación) La contribución científica de Arturo Rosenblueth</i>	30 99 268	del Castillo, Luis <i>Física en el sureste</i>	38
S		del Valle, Juan Luis <i>Reconocimiento por 20 años de servicios</i>	42
Salcido, Tenochtitlán <i>La evaluación curricular en Educación Matemática (innovaciones educativas)</i>	187	Drucker Colín, René Raúl <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	43
Solorza Feria, Omar <i>Las celdas de combustible. Una fuente alternativa de energía</i>	233	Enciso Muñoz, Agustín <i>Mejores estudiantes de México 1989</i>	180
T		Escobar Isquierdo, Alfonso <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	37
Torres Gómez, Luis Alfonso <i>La química del fin de siglo</i>	239	Falcón, Romana <i>Premio de Ciencias Sociales de la AIC 1989</i>	180
Tyché <i>Correo</i>	74	Falcony Guajardo, Ciro <i>Convenio con el IIM-UNAM</i>	38
		Ferreiro, Emilia <i>Donativo de la Fundación Kellogg</i>	41
		Firmani, Claudio <i>Director del CI-UNAM</i>	182
		Flores, Guillermo <i>Beca de la CCE</i>	40
		Flores Valdés, Alfredo <i>Primer egresado de la Unidad Saltillo</i>	183
		Flores Valdés, Jorge <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	113
		Folan, William J. <i>Convenio con la UAC</i>	180
		Fortes, Mauricio <i>Secretario de la AIC 1989-1990</i>	39
		Frank, Alejandro <i>Premio de Ciencias Exactas de la AIC 1989</i>	37
		García, Rolando V. <i>Miembro de la AIC</i>	38
		García Cantú, Rigoberto <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	38
		García Carrancá, Alejandro M. <i>Premio Aida Weiss 1989</i>	181
		García Colín, Leopoldo <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	40
		García Ramos, Juan XX <i>Aniversario del fallecimiento de A. Rosenblueth</i>	180
		Gariglio, Patricio <i>Premio Aida Weiss 1988</i>	284
		Gómez Pyyon, Armando <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	40
		Gómez Robledo, Antonio <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Gorostiza Ortega, Luis <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Guameros, Gabriel <i>Beca sabática de la CCE</i>	183
		Gutiérrez de MacGregor, Teresa <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Guzmán Huerta, Gastón <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Halfetter Salas, Gonzalo <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Herrera Estrella, Luis <i>Premio en Ciencias Naturales de la AIC 1989</i>	38
		<i>30 años de la AIC</i>	40
		<i>Proyecto de la CCE</i>	182
		Hidalgo Lara, María Eugenia <i>Premio Lola e Igo Fleisser-Puis 1989</i>	181
		Hirsch, Carlos <i>Premio Ericsson de Ciencia y Tecnología 1989</i>	114
		Hong Chong, Enrique <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
		Jiménez Sánchez, Leobardo <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	181
		Jiménez Vázquez, Hugo Alejandro <i>Mejores estudiantes de México 1989</i>	37
		Joseph Nathan, Pedro <i>Patentes registradas en los EUA</i>	41

Índice Onomástico

Adler, Larissa <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
Aguilar, Guillermo <i>Física en el sureste</i>	42
Aguilar, Miguel <i>Física en el sureste</i>	42
Alba Hernández, Francisco <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
Aldama, Dalila <i>Proyecto de la CCE</i>	182
Alvarez Morales, Reynaldo Ariel <i>Nuevo director de la Unidad Irapuato</i>	113
Aréchiga, Hugo <i>Presidente de la AIC 1989-1990 Premio de Ciencias Naturales de la AIC 30 años de la AIC XX aniversario de la muerte de A. Rosenblueth Convenio con la UAQ</i>	37 39 40 263 285
Argüello, Carlos <i>Miembro de la COPBEP 1990</i>	285
Asomoza, René <i>Miembro de la COPBEP 1990</i>	285
Barba de la Rosa, Paulina <i>Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 1990</i>	286
Buenabad Chávez, Jorge <i>Mejores estudiantes de México 1989</i>	37
Blanco Labra, Alejandro <i>Director de la Unidad Irapuato Proyecto de la CCE</i>	37 113
Bulbulian, Silvia <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
Calderón Tinoco, Jesús <i>Premio de Ciencias Naturales de la AIC</i>	37
Calvo Méndez, Carlos <i>Reconocimiento por 20 años de servicios</i>	286
Cerbón, Jorge <i>Beca sabática de la CCE</i>	183
Cerejido, Marcelino <i>Comisiones dictaminadoras del SNI</i>	180
Cervantes, Humberto <i>Patentes registradas en los EUA Premio CANIFARMA 1989</i>	41 42
Contreras, Rosalinda <i>Tesorera de la AIC 1989-1990</i>	37

Premio CANIFARMA 1989	115	Peña Chapa, Juan Luis Física en el sureste	42
Premio al Mérito 1989	116	Pérez Angón, Miguel Angel Física en el sureste	42
Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Miembro de la COPBEP 1990	285
José Yacamán, Miguel Física en el sureste	42	Pérez Enriquez, Ricardo Mejores estudiantes de México 1989	37
Juaristi, Eusebio Proyecto de la CCE	182	Pérez Palacios, Gregorio Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Kessler, Charles Visita al CINVESTAV	182	Plebański, Jerzy Reconocimiento por 20 años de servicios	42
Kuri, Walid Patentes registradas en los EUA	41	Poveda Ricalde, Arcadio Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Linares, Roberto Premio Ericsson de Ciencia y Tecnología 1989	114	Quintero Ramírez, Rodolfo Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Lira González, Andrés Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Ramírez de Arellano, Enrique Reconocimiento por 20 años de servicios	286
López Cuevas, Jorge Primer egresado de la Unidad Saltillo	113	30 años de la AIC	40
Magaña, Fernando Física en el sureste	42	Ramírez Mireles, Fernando Mejores estudiantes de México 1989	37
Magaña Plaza, Ignacio Miembro de la COPBEP 1990	285	Remolina, Joaquín Reconocimiento por 20 años de servicios	43
Presidente de la SMBB	284	Reséndiz Nuñez, Daniel Comisiones dictaminadoras del SNI	181
Manjarrez Moreno, Armando Comisiones dictaminadoras del SNI	181	Rivaud Morayta, Juan José Reconocimiento por 20 años de servicios	286
Marat Salas, Luis Premio Aida Weiss 1989	40	Riveros, Héctor Física en el sureste	42
Margadant Spanjaesdt, Guillermo Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Rockwell, Elsie Jefe del DIE	285
Martínez Palomo, Adolfo Presidente de la AIC	37	Rodríguez, Luis Felipe Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Premio de Ciencias Naturales de la AIC	39	Rojano Ceballos, María Teresa Miembro de la COPBEP 1990	285
Jefe del Departamento de Patología Experimental	114	Rojas, Olivia Proyecto de la CCE	182
Martínez Rojas, Dalila Reconocimiento por 20 años de servicios	43	Rojkind, Marcos Premio de Ciencias Naturales de la AIC	39
Massieu, Guillermo Presidente de la AIC	37	Romano Pardo, Martha Catalina Miembro de la AIC	38
Menchaca García, Felipe Rolando Mejores estudiantes de México	37	Rosenblueth, Emilio XX aniversario de la muerte de A. Rosenblueth	284
Méndez Docuro, Eugenio Convenio con el IMC	38	Rubio, Luis Antonio Visita al Departamento de Física	115
Méndez Nonell, Manuel Investigador del año 1989	116	Rubio Oca, Julio Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Mendoza, Tomás Patentes registradas en los EUA	41	Rudomín, Pablo Presidente de la AIC	37
Morales Ríos, Martha Soria Patentes Resitradas en los EUA	41	Premio de Ciencias Naturales de la AIC	39
Morán López, José Luis Comisiones dictaminadoras del SNI	180	30 años de la AIC	40
Física en el sureste	42	XX aniversario del fallecimiento de A. Rosenblueth	284
Premio Raman 1989	181	Ruiz de la Herrán, José Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Moreno de Alba, José Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Ruiz Herrera, José Premio de Ciencias Naturales de la AIC	39
Mourelle, Ma. Isabel Beca sabática de la CCE	183	30 años de la AIC	40
Muhl, Stephen Convenio con el IIM-UNAM	41	Conferencias Ricardo J. Zevada	285
Muñoz, David Premio Ericsson de Ciencia y Tecnología 1989	114	Russ, Christian Visita al Departamento de Física	115
Muñoz Sevilla, Patricia Beca sabática de la CCE	183	Saldaña Aldama, Héctor Mejores estudiantes de México 1989	37
Murgía, Raúl E. Convenio con la UAC	39	Sánchez Sinencio, Feliciano Física en el sureste	42
Nava Jaimes, Héctor O. Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Stefani, Enrique Premio de Ciencias Naturales de la AIC	39
XX aniversario del fallecimiento de A. Rosenblueth	284	Torres León, René Física en el sureste	42
Reconocimiento por 20 años de servicios	286	Trejo Rodríguez, Luis Angel Mejores estudiantes de México 1989	37
Navarro, Hugo Física en el sureste	42	Turrent Fernández, Antonio Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Nieto Frausto, Juan Beca posdoctoral de la CCE	183	Villalón, Carlos Beca posdoctoral de la CCE	183
Ojeda Castañeda, Jorge Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Villa Treviño, Saúl Miembro de la COPBEP 1990	285
Ojeda Gómez, Mario Comisiones dictaminadoras del SNI	180	Villoro Toranzo, Luis Comisiones dictaminadoras del SNI	180
Ortega Pierres, Guadalupe Premio al mérito 1989	116	Weiss, Eduard Jefe del DIE	285
Ortiz Rebollo, Armando Convenio con el IIM-UNAM	41	Miembro de la COPBEP 1990	285
Paredes López, Octavio Editor de Plant Food for Human Nutrition	181	Zepeda, Amulfo 30 años de la AIC	40
Proyecto de la CCE	182		
Premio Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos 1990	286		
Peña, Antonio Vicepresidente de la AIC 1989-1990	37		
Peña Casanova, Alejandro Mejores estudiantes de México 1989	37		

IV Mexican School of Particles and Fields

AND

Ist LATINAMERICAN WORKSHOP OF PHENOMENOLOGY OF THE FUNDAMENTAL INTERACTIONS

December 3-14

Oaxtepec, Morelos, México

PROGRAM

T. APPELQUIST (Yale)	Dynamical Symmetry Breaking
K.S. BABU (Maryland)	Neutrino Masses and Magnetic Moments
C. GARCIA-CANAL (La Plata)	Chiral Models
E. FERNANDEZ (CERN)	Physics at LEP
B. GAVELA (CERN)	CP Violation
J.F. NIEVES (Puerto Rico)	Neutrinos in a Medium
S. PARKE (Fermilab)	Multiple Parton amplitudes in Gauge Theories
J. ROSNER (Chicago)	Status of Precise Electroweak Measurements

For further information please contact:

Arnulfo Zepeda y/o J.L. Lucio

Departamento de Física

CINVESTAV I.P.N.

Apdo. Postal 14-740

07000 México D.F.

México

Tel. (52-5) 7 54 68 01

7 54 65 89

Fax. (52-5) 7 54 65 89

7 54 87 07

Telex: 01772826 PPTRE

Bitnet: cinves at unamvm1

SPONSORED AND SUPPORTED BY: CONACyT, SEP, CERN, FNAL, CLAF



LITOGRAFIA CORTESIA DE COCA-COLA

SAN FRANCISCO

LOPEZ OLIVER

III CONGRESO IBEROAMERICANO DE QUIMICA INORGANICA
X CONGRESO NACIONAL DE LA ACADEMIA MEXICANA DE
QUIMICA INORGANICA, A.C.

II SIMPOSIO DE QUIMICA DEL SILICIO
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
ZACATECAS, MEXICO

DEL 15 AL 19 DE ABRIL DE 1991

DRA. ANGELES PAZ-SANDOVAL
Departamento de Química
(Cinvestav-IPN)
Apartado Postal 14-740
07600-México, D.F.
Telefax: 586-65-64
Telex: 017-72826 PPTME
Tel. (5) 752-06-77 X: 4010

DR. ENRIQUE GONZALEZ VERGARA
Departamento de Química (UAP)
Apartado Postal 1613
Puebla, Puebla
México
Tel: (22) 45-62-07

CONFERENCISTAS INVITADOS:

Basolo F. * Illinois * USA
Brook A. * Toronto * Canadá
Contreras R. * D.F. * México
Corriu R. * Montpellier * Francia
Hughes M. * Londres * Inglaterra
Kumada M. * Kyoto * Japón

La Huerta P. * Valencia * España
Lewis K.M. * New York * USA
Malisch W. * Würzburg * RFA
Seyferth D. * Massachusetts * USA
Tanaka M. * Tsukuba * Japón
Torrens H. * D.F. * México

Pannell K. * Texas * USA

DR. JORGE CERVANTES M.
Universidad de Guanajuato
Facultad de Química
Guanajuato, Gto. México
Tel: (473) 2-68-85
Telefax: 21715

M. en C. MANUEL J. MACIAS P.
Universidad Autónoma de Zacatecas
Facultad de Ciencias Químicas
Zacatecas, Zacatecas
México
Tel: (492) 3-10-06
Telefax: 2-32-67

La AMQI otorgará bajo el copatrocinio del CONACYT becas a estudiantes destacados que lo soliciten.