

X aniversario
Avance y Perspectiva
XXX aniversario
CINVESTAV

AVANCE Y PERSPECTIVA

Órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.

Vol. 10 Octubre-diciembre de 1991

México ISSN 0185-1411

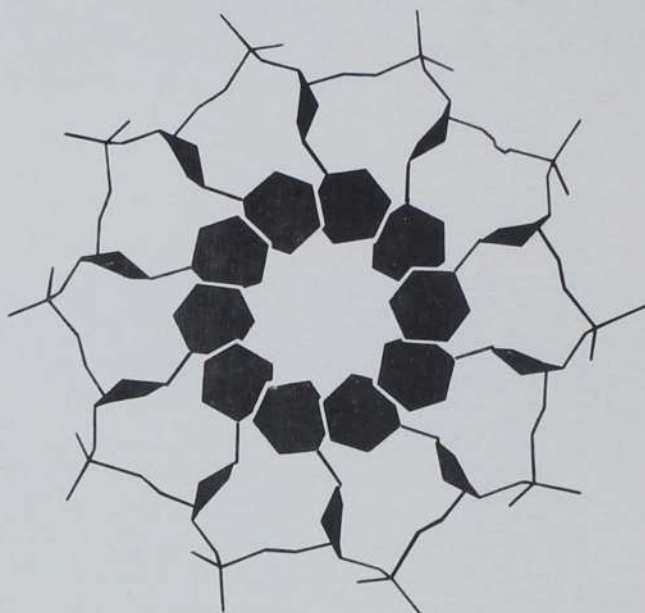
Distribución gratuita

Reconocimiento
de voz por
computadora

Después del eclipse

La génesis
del CINVESTAV
Entrevista con
Eugenio Méndez Docurro

Perspectivas de la investigación en biología
experimental y biomédica



Maestría y Doctorado en BIOLOGIA CELULAR

El Departamento de Biología Celular del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados cuenta con programas de Maestría y Doctorado en Biología Celular que ofrecen la posibilidad de dedicarse a la investigación en las siguientes áreas biomédicas: Biología del Citoesqueleto, Biología de la Reproducción, Diferenciación Celular, Inmunología, Parasitología Molecular, Carcinogénesis y Ultraestructura Celular.

Requisitos de Admisión al Posgrado

Para la Maestría

1. Estudios profesionales completos (examen profesional ya realizado o por realizarse en los próximos seis meses) en carreras biomédicas o afines, tales como Biología, Medicina, Ingeniería Bioquímica, QBP, QFB, Odontología, Veterinaria, etc.
2. Por medio mínimo de 8 en los estudios profesionales.
3. Presentar una solicitud completa y los documentos pertinentes (acta de nacimiento, copia certificado completo de estudios profesionales, dos cartas de recomendación de profesores del solicitante, tres fotografías tamaño infantil).

Para el Doctorado

1. Grado de Maestría o equivalente (a juicio de los profesores del Departamento).
2. Entregar la solicitud y documentos pertinentes (igual que para la maestría).
3. Aprobar el examen predoctoral.

Becas

Los aspirantes que sean admitidos al posgrado recibirán apoyo departamental (institucional) para el trámite de la beca correspondiente ante el CONACYT.

Para Mayor Información dirigirse a:
Coordinador Académico
Departamento de Biología Celular
Ciudad de México
Av. Instituto Politécnico Nacional 2508
Apartado Postal 14-743
07000 México, D.F.
Teléfonos: 754 02 00 y 752 06 77
Ext. 5510 y 5503



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados
del IPN
CINVESTAV

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Julio G. Mendoza Alvarez
Editor: Miguel Angel 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: Fernando Silva

Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV

Captura: Ma. Eugenia López y Rosemary Ovando

Distribución: Sección coordinadora de cursos en
provincia

Tipografía: José Luis Olivares Vázquez

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro
de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN,
CINVESTAV, es una publicación trimestral editada
por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El
número correspondiente a octubre-diciembre de
1991, volumen 10, se terminó de imprimir en octu-
bre de 1991. El tiraje consta de 6,000 ejemplares.

Editor responsable: Miguel Angel Pérez Angón. Ofi-
cinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Pos-
tal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de
licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001
otorgados por la Comisión Calificadora de Publica-
ciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Go-
bernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado
por la Dirección General del Derecho de Autor de la
Secretaría de Educación Pública. Publicación perió-
dica: Registro No. 016 0389, características
220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexi-
cano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Grupo
Editorial EON, S.A. de C.V., Av. México-Coyoacán
421, Xoco, Col. General Anaya, 03330 México
D.F., tels.: 604 1204 y 688 9112. *Avance y Perspecti-
va* publica artículos de divulgación y notas sobre
avances científicos y tecnológicos escritos por miem-
bros de la comunidad del CINVESTAV. Los artícu-
los 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 ci-
te la fuente.

Sumario
Vol. 10, octubre-diciembre de 1991

Reconocimiento de voz por computadora	
<i>Fernando Ramírez Mireles y Arturo Veloz Guerrero</i>	267
La calidad o el mundo del espejo	
<i>Rosalinda Contreras</i>	273
¿Es buena la imagen que tenemos del mundo que nos rodea?	
<i>Gabino Torres Vega</i>	277
Perspectivas	
La génesis del CINVESTAV: Entrevista con Eugenio Méndez Docurro	
<i>Rubén López Revilla y Rebeca Reynoso</i>	285
Perspectivas de la investigación en biología experimental y biomedicina (Parte I)	
Presentación	
<i>Rubén López Revilla</i>	299
El desarrollo de la biología celular en México	
<i>Isaura Meza</i>	302
Perspectivas de la biología molecular	
<i>Gabriel Guarneros</i>	305
El futuro de la neurobiología	
<i>Dalila Martínez de Muñoz</i>	310
El estudio de enzimas en la interfase lípido/agua: La fosfolipasa A₂	
<i>Marta S. Fernández</i>	318
El SNI: reflexiones de un evaluador del área biomédica	
<i>Marcelino Cerejido</i>	324
Noticias del Centro	
	333
Libros y revistas	
The academic profession in the USA, de Walter P. Metzger	
<i>María de Ibarrola</i>	339
Inmunidad Intestinal, de Lucinda Aguirre-Cruz y Rubén López-Revilla	
<i>Eva Edilia Avila</i>	341
Matices	
Me gustaría ser araña	
<i>Marcelino Cerejido</i>	343
Índice del volumen 10	
	347
Páginas centrales	
¿Y después del eclipse?	
<i>José de la Herrán y René Asomoza</i>	

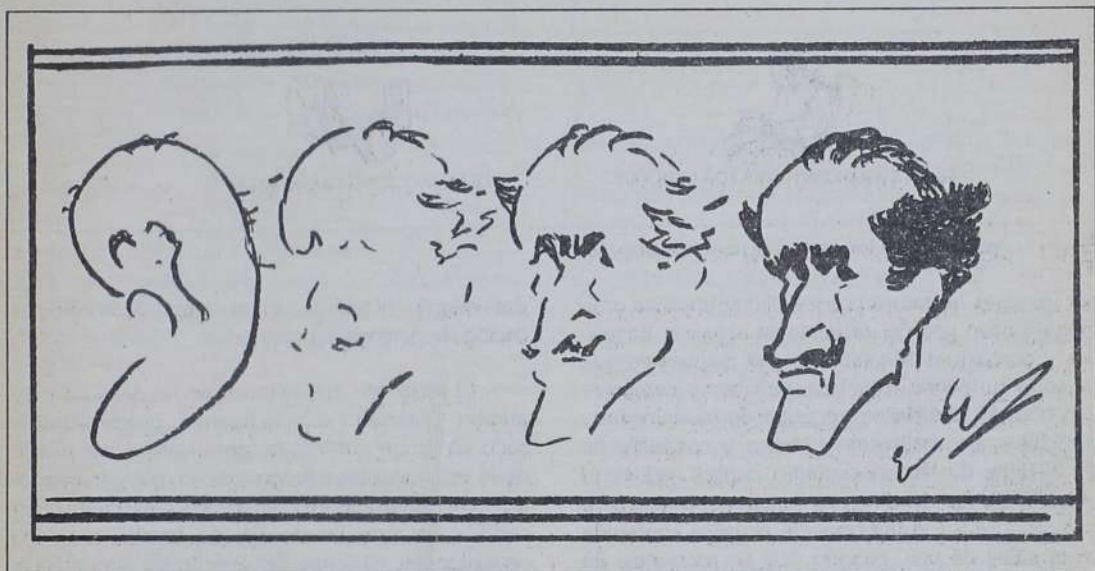
Portada:

Eclipse solar del 11 de julio de 1991
(foto de René Asomoza)



Reconocimiento de voz por computadora

La evolución de la entrada por teclado a la entrada por voz en una máquina puede presentar un avance tan significativo en la comunicación hombre-máquina como lo fue el cambio del telégrafo al teléfono en la comunicación de persona a persona.



Fernando Ramírez Mireles y Arturo Veloz Guerrero

Introducción

La evolución ha hecho al lenguaje hablado muy acorde a las necesidades de la comunicación hu-

mana: es rápido y casi no requiere ningún esfuerzo, no necesita contacto visual o físico y apenas limita la movilidad del cuerpo o el uso de las manos.

El M. en C. Fernando Ramírez Mireles es profesor auxiliar del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV. Es ingeniero en electrónica y comunicaciones de la UAM y maestro en ciencias (Comunicaciones) del CINVESTAV. Su campo de investigación es el reconocimiento de palabras aisladas y conectadas y el procesamiento digital de señales.

El Dr. Arturo Veloz Guerrero es profesor adjunto del Centro de Tecnología de Semiconductores de la Unidad de Electrónica Avanzada del CINVESTAV en Guadalajara, Jal. Es ingeniero en electrónica y comunicaciones de la ESIME-IPN, y maestro en ciencias (Comunicaciones) del CINVESTAV. Realizó su doctorado en la Escuela Nacional Superior de Telecomunicaciones de París. Su campo de interés es el diseño de circuitos VLSI.

Estas características pueden ser aprovechadas para agilizar la comunicación hombre-máquina mediante un proceso en el cual un operador puede dar órdenes que forman parte de su propia lengua y que pueden ser reconocidas e interpretadas por un Sistema de Reconocimiento de Voz.

No obstante, la gran libertad del lenguaje hablado y la extrema complejidad de la señal de voz dificultan la realización práctica de los sistemas de reconocimiento. Estas dificultades son superadas

APLICACIONES POTENCIALES



ORDENAMIENTO DE PAQUETES



CONTROL DE CALIDAD E INSPECCION



SILLA DE RUEDAS OPERADA CON VOZ



TRANSACCIONES BANCARIAS

Figura 1: Aplicaciones de los sistemas de reconocimiento de voz.

por los seres humanos porque al comunicarse oralmente hacen uso de información acústica, lingüística y contextual. Sin embargo, la manera en que los seres humanos escuchan, perciben y comprenden no está aún clara y requiere de modelos muy complejos. La realización práctica y costeable de un Sistema de Reconocimiento implica *reducir el universo de funcionamiento* de estos sistemas para que reconozcan la *información acústica* contenida en la señal de voz, cuando ésta se pronuncia de *manera disciplinada*, utilizando un *vocabulario limitado* y una *sintaxis rígida* dictados por las necesidades de una *aplicación específica*.

En este artículo se ofrece una introducción al reconocimiento de voz por computadora, y se explican los problemas existentes para realizar esta tarea, así como algunas de las técnicas y aproximaciones que se han utilizado a fin de superar estos problemas.

Generalidades

El propósito de un *Sistema Automático de Reconocimiento de Voz (SARV)* es permitir que una máquina pueda oír y entender. Un sistema así es deseable ya que en una máquina la evolución de la entrada por teclado a la entrada por voz puede representar un avance tan significativo en la comunicación hombre-máquina como lo fue el cambio

del telégrafo al teléfono en el campo de la comunicación de persona-a-persona.

El rango de aplicaciones de un SARV es muy amplio. Como lo indica la figura 1, puede ser utilizado en forma *autónoma* (para control por medio de la voz, juguetes y juegos, etc.) o bien en asociación con sintetizadores de voz en terminales dedicadas o en sistemas de diálogo hombre-máquina centralizados (sistema de enseñanza automática, etc.). Los SARV también podrían ser utilizados en un contexto de transmisión, a una tasa de transmisión de alrededor de 100 b/s.

Para un sistema de diálogo hombre-máquina los aspectos de comprensión son de primera importancia y el problema de reconocimiento de voz involucra, además del problema de reconocimiento de patrones, el uso de la inteligencia artificial.

La realización de un SARV presenta varios problemas. La lengua hablada permite expresar los pensamientos en forma de sonidos y captar mensajes a partir de sonidos emitidos por otras personas. Durante este proceso los seres humanos hacen uso de información *acústica*, *lingüística* y *contextual*. Sin embargo, el conocimiento que se tiene de los sistemas de audición, percepción y comprensión es aún muy limitado. Dos de las principales características que dificultan la percepción y comprensión son *la gran libertad del lenguaje*

hablado y la extrema variabilidad de la señal de voz.

Características del lenguaje hablado y de la señal de voz

El lenguaje hablado y la señal de voz tienen características que los hacen muy apropiados para la comunicación de persona a persona, pero que obstaculizan la realización de un SARV. Estas características se muestran en la figura 2 y se describen a continuación.

La continuidad

La señal de voz, se presenta como un flujo de sonidos concatenados sin pausas o marcas entre ellos, lo que dificulta su segmentación en unidades simples (palabras, fonemas o sílabas) para su reconocimiento.

La variabilidad

La señal de voz presenta dos tipos de variabilidad de acuerdo al locutor:

1) Variabilidad *intralocutor*. Variaciones que se presentan en un mismo locutor debido a la forma de pronunciar (voz normal, cuchicheando o gritando), a su estado de ánimo, de salud o cansancio.

2) Variabilidad *interlocutor*. Variaciones que se presentan cuando se cambia de locutor, ya sea de voz femenina a masculina o infantil, además de los cambios de timbre y acento.

La redundancia

Suponiendo que uno de 30 posibles fonemas sea articulado cada 100 milisegundos de manera equiprobable, la teoría de la comunicación de Shannon establece que la información transmitida en la Señal de Voz de alrededor de 50 bits/seg es muy inferior a los cerca de 200,000 bits/seg necesarios para codificar la forma de onda de la SV con alta fidelidad. Esta enorme redundancia le proporciona mucha robustez al lenguaje hablado, pero en un

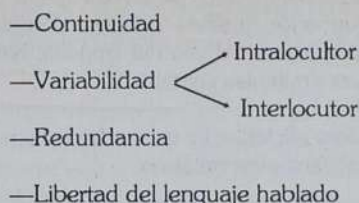


Figura 2: Características de la señal de voz y del lenguaje hablado.

SARV se hace necesario eliminar parte de la misma y conservar solo los parámetros pertinentes de la señal para disminuir la cantidad de cálculo necesario.

Libertad del lenguaje hablado

La sintaxis de un lenguaje hablado es, en general, menos estricta que la de un lenguaje escrito, y en la comunicación persona-a-persona pueden tolerarse frases mal pronunciadas sin perderse el sentido de lo que se desea comunicar. Además, puede haber muy pocas diferencias acústicas entre algunas secuencias de palabras, por lo que aún los humanos tiene que basarse en el contexto para deducir la identidad de las palabras (por ejemplo "SINCEROS" Y SIN CEROS", o bien, "AZULADO" y "A SU LADO").

Ventajas y limitaciones del reconocimiento de voz

En estudios sobre la comunicación interactiva entre los humanos se llegó a algunas conclusiones interesantes. Aquí se destacan dos:

a) Los problemas elegidos para el estudio se resuelven de una manera más rápida en los modos de comunicación que tienen un canal de voz que en aquellos que no lo tienen.

b) Para ninguno de los problemas resueltos durante la prueba se encontró una ventaja significativa de la comunicación "cara-a-cara" sobre la comunicación por voz únicamente.

De estas conclusiones, se puede inferir que para la comunicación hombre- máquina durante el desarrollo de una tarea el uso del lenguaje hablado presenta las siguientes ventajas:

Es rápido y eficiente. Es un modo de comunicación natural, fácil y espontáneo.

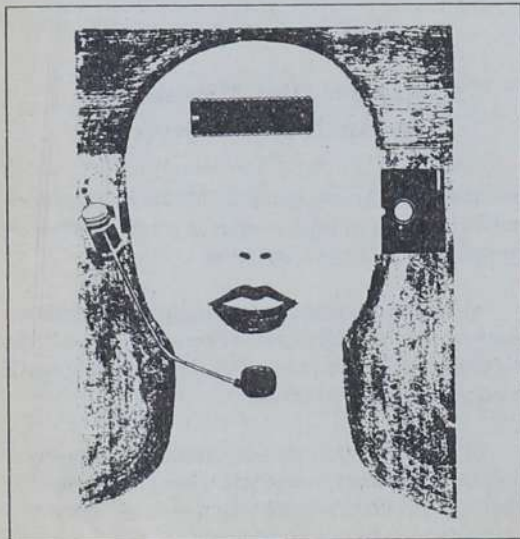
No necesita contacto visual o físico y apenas limita la movilidad del cuerpo o el uso de las manos, permitiendo la simultaneidad de tareas.

La facilidad, naturalidad y espontaneidad del lenguaje hablado pueden verse restringidas al utilizar un SARV, ya que, en la práctica, estos sistemas operan con un vocabulario pequeño, una sintaxis rígida y requieren una adaptación del locutor previa a la sesión de reconocimiento.

Organización de un sistema de reconocimiento de voz

Para superar las limitaciones ya mencionadas, al implantar un SARV se siguen dos estrategias:

1) *Limitar el universo de funcionamiento del SARV*, es decir, se definen un vocabulario limitado, una sintaxis rígida y se pide un locutor cooperativo



y disciplinado, todo ello regido por las necesidades de una aplicación específica. Con esto se facilita la representación de la gramática del lenguaje artificial (el de la aplicación) y también su comprensión, pero el reconocimiento de un *lenguaje natural* aún resulta muy difícil.

2) *Se trata de imitar el proceso de percepción y comprensión del ser humano*. Ya que es muy difícil determinar la identidad de las palabras a partir de sus sonidos solamente, se hace necesario introducir más niveles de conocimiento del lenguaje, aparte del lexicográfico. Estos niveles representan cada uno áreas de especialización particulares y son:

- *Acústica*: para la *extracción*, a partir de la señal de voz, de los *parámetros relevantes* para el reconocimiento.
- *Fonética*: para modelar los fonemas en términos de *parámetros acústicos medibles*.
- *Lexicográfica*: ya que las palabras son los componentes básicos del lenguaje. Aquí las palabras son *definidas fonéticamente* tomando en cuenta las variaciones de pronunciación a las cuales están sujetas de acuerdo a su contexto.
- *Sintáctica*: porque el uso de *reglas estrictas* (gramática) permite determinar las secuencias de palabras permitidas y excluir las secuencias ilegales.
- *Semántica*: al identificar el *significado* de la frase de entrada se puede determinar la acción que será tomada por la máquina controlada por voz. Este significado puede ser elemental en ciertos casos, como en el reconocimiento de palabras aisladas en un lenguaje artificial, pero de fundamental importancia y altamente complejo para el reconocimiento de lenguaje hablado pronunciado de manera natural.
- *Prosódica*: ya que la entonación (duración, ritmo e intensidad) de los sonidos componentes de una palabra puede proporcionar información valiosa a otros niveles (semántico, sintáctico, lexicográfico y fonético).

La importancia relativa que toman estos niveles varía de un sistema a otro. Por ejemplo, un sistema de reconocimiento de palabras aisladas generalmente depende sólo de los conocimientos de las áreas acústica y lexicográfica. Por otro lado, en el caso de un sistema que ofrezca un diálogo en un lenguaje cuasi-natural, todos estos niveles están involucrados en la búsqueda del significado de las frases pronunciadas, tal como se muestra en la figura 3. Es en este caso que la semántica y la prosodia son de fundamental importancia.

Visto de una manera global, cualquier SARV necesita de *tres subsistemas* para los cuales se requieren utilizar tecnologías muy variadas:

- un subsistema de *procesamiento de señales* de voz el cual reduce el caudal de la información y extrae los parámetros pertinentes para el reconocimiento;
- un subsistema de *reconocimiento* el cual intenta identificar los componentes del lenguaje (palabras o frases) de acuerdo al conocimiento adquirido durante la fase de aprendizaje (usando técnicas de reconocimiento de patrones);
- un subsistema de *control*, usualmente basado en técnicas asociadas con la inteligencia artificial.

Sistema de reconocimiento de voz desarrollado en el CINVESTAV

En la Sección de Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV se ha desarrollado un sistema automático de reconocimiento de voz conectada (denominado SRV01), el cual cuenta con las siguientes características:

- Permite reconocer palabras pronunciadas aisladamente o secuencias de palabras pronunciadas de manera natural (es decir, sin introducir pausas artificiales entre ellas). Las palabras pueden conectarse utilizando una sintaxis primitiva.
- Se puede construir un vocabulario que conste de los dígitos del 0 al 9 y varios comandos, hasta un total de 20 palabras.
- El sistema es operado por el locutor para el cual fué entrenado, es decir, es un sistema monolocutor.
- El sistema trabaja en tiempo real, y tiene una tasa de éxito en el reconocimiento del 85% para una secuencia de cuatro dígitos, y arriba del 95% para dígitos aislados.

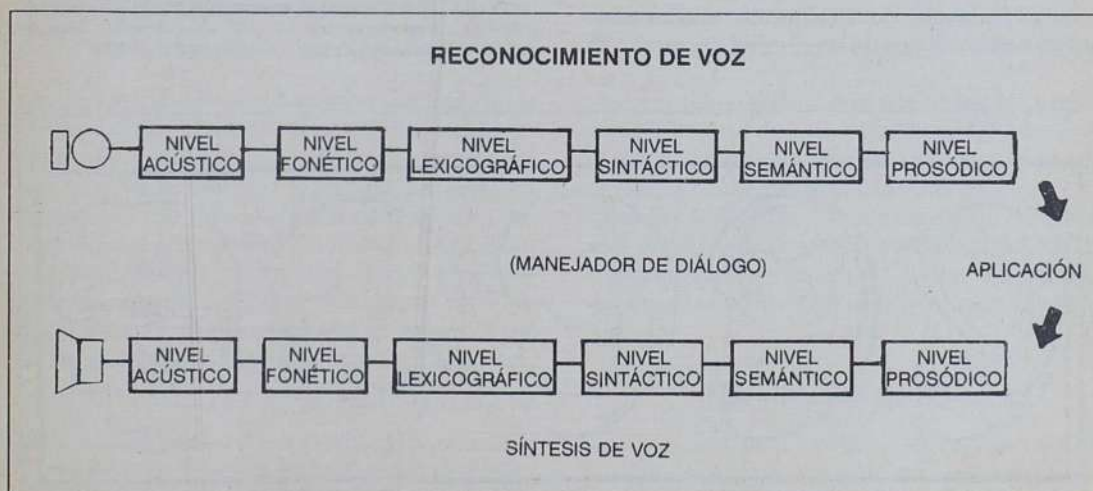


Figura 3: Un sistema de diálogo hombre-máquina con sus diferentes niveles de conocimiento.

Este sistema está basado en un modelo de reconocimiento de patrones el cual consiste de tres etapas:

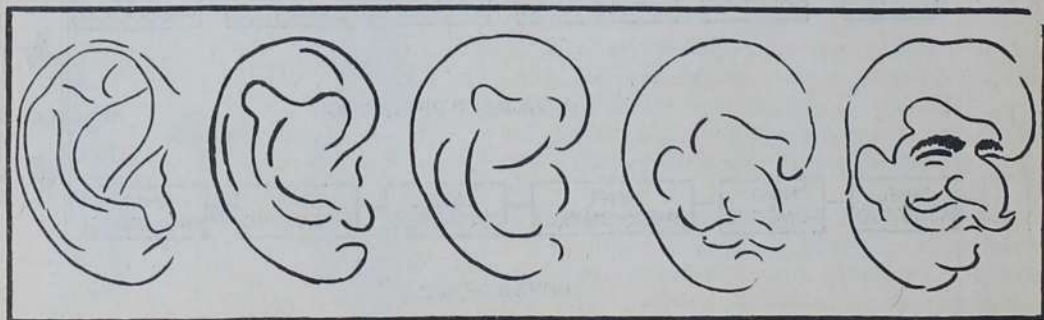
- Análisis de la señal de voz, basada en un banco de filtros pasabanda digitales y una etapa de parametrización.
- Comparación dinámica de patrones de voz, que utiliza un algoritmo de programación dinámica.
- Una regla de decisión, a partir de los resultados de la comparación dinámica, se toma "el vecino más cercano".

En la actualidad, el reconocimiento de voz con las características de: 1) multilocutor, 2) palabras conectadas, y 3) gran vocabulario, se efectúa con sistemas que se encuentran en fase de experimentación y la mayoría de ellos aún no son capaces de tener las 3 características de manera simultánea.

El estado del arte actual permite la comercialización de sistemas que reconocen palabras aisladas y conectadas con tasas de reconocimiento del 96% al 99% para vocabularios de alrededor de 10 a 5000 palabras. La integración de los algoritmos en procesadores dedicados que realicen las funciones de procesamiento de señales, reconocimiento y control ha favorecido la utilización de estos sistemas en varios campos de la actividad humana. ☞

Bibliografía

- Atal, B.S. y Rabiner, L. R., "Speech Research Directions", *AT&T Technical Journal*, **65** (1986), pp. 75-88.
- Bristow, G., Ed. *Electronic speech recognition*. Mc. Graw Hill, Gran Bretaña (1986).
- Chapains, A. "Interactive Communication: A few research answers for a technological explosion", *Memorias del "Nouvelles Tendances de la Communication homme machine"*, Orsay, Francia (1979).
- Gallant, J. "Speech-Recognition Products", *EDN* January 19 (1989), pp. 112-122.
- Gagnoulet, C. y Mercier, G. "The state of the art in speech recognition", *L'écho des Recherches*, English issue (1981).
- Guerrero, A. "Reconocimiento de Voz: Global y Analítico", Reporte interno, Depto. Ingeniería Eléctrica CINVESTAV-IPN, (1985).
- Lea, W. *Trends in speech recognition*. Prentice-Hall, New Jersey (1980).
- Lee, K.-F., Hon, A.-W. y Reddy, R. "An overview of the SPHINX Speech Recognition System", *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, ASSP-38 (1990), 1, pp. 35-45.
- Levinson, S.E. y Liberman, M.Y. "Reconocimiento del habla por medio de ordenadores", *Investigación y Ciencia*, 57, pp. 38-51.
- Levinson, S. E. y Roe, D. B., "A perspective on speech recognition", *IEEE Communications Mag.*, **28** (1990), pp. 28-34.
- Rabiner, L. R., y Levinson, S. E. "Isolated and connected word recognition - theory and selected applications", *IEEE Trans. on Communications*, Com-29 (1981), pp. 621-659.
- Ramírez, F. "Sistema de Reconocimiento Global de Palabras Conectadas Monolocator", Tesis de Maestría, Sec. de Comunicaciones, Dep. de Ing. Eléctrica, CINVESTAV-IPN, (1988).
- Ramírez, F. "Reconocimiento de palabras conectadas basado en palabras aisladas", Congreso MEXICON-89 ref. XVII-MEX '89-049, (1989), pp. 1-5.
- Ramírez, F. "Introducción al reconocimiento de voz por computadora", Reporte interno no. 108 serie amarilla, Departamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV-IPN, (1990).



La quiralidad o el mundo del espejo

Cuando nos observamos en el espejo, podemos apreciar fácilmente la diferencia entre izquierda y derecha; ¿podemos distinguir de la misma manera de qué lado del espejo estamos?



Rosalinda Contreras

A excepción de los vampiros, todo el mundo tiene una imagen en el espejo. Todos hemos jugado de niños con nuestra imagen; seguramente algunos han imaginado traspasar la barrera del espejo y encontrarse con una colocación de objetos en disposición espacial extraña. Las manos son los objetos más cercanos en los que encontramos una relación especular: al acercar las palmas de nuestras manos, un espejo imaginario las separa. A pesar de ser imágenes una de la otra, no son iguales.

Un objeto que no coincide con su imagen especular se dice que es quiral (quiral quiere decir mano en griego), es decir, su estructura geométrica puede clasificarse en nuestra convención como izquierda o derecha. No es raro que la quiralidad esté relacionada con las manos. Podemos utilizar nuestras propias manos para definir en qué lado del espejo se encuentran unos guantes cualquiera.

Los objetos quirales

Los humanos sabemos construir objetos quirales. Los automóviles con su versión inglesa para zurdos. Los relojes de manecillas: si no lo cree, trate el lector de leer su reloj (si todavía usa de los anti-

La Dra. Rosalinda Contreras es profesora titular del Departamento de Química y miembro del Consejo Editorial de Avance y Perspectiva. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Tolosa, Francia. Su campo de investigación es la química de los compuestos orgánicos del boro y del fósforo.

guos) a través del espejo. Las escaleras de caracol, que tienen forma helicoidal derecha o izquierda, pueden reconocerse si para subirlas se necesita tomar el pasamanos con la mano derecha o la izquierda. Leonardo Da Vinci se recreó diseñando dos escaleras de caracol, una dentro de la otra, con hélices opuestas que fueron construidas en el palacio de Chambord en el valle de Loira en Francia. Algunos movimientos también son quirales, como abrir y cerrar las llaves de un lavabo. Los tornados del hemisferio norte y el agua que sale de los lavabos giran en el sentido de las manecillas del reloj y en el hemisferio sur al lado contrario; esto se debe al giro quiral de la tierra. La quiralidad no es sólo una curiosidad, también es un problema muy importante para los matemáticos, físicos, químicos, biólogos y también hasta para los médicos.

Quiralidad en química

Para simplificar la discusión sobre la quiralidad me gustaría empezar por el problema químico. Los átomos o las moléculas son sistemas organizados muy simétricos. Cuando dos moléculas tienen la misma estructura pero difieren en su arreglo espacial se dice que son estereoisómeros y éstos pueden ser enantiómeros (imágenes especulares o quirales) o no (diastéromeros). Para los químicos el problema es clasificar todas aquellas moléculas quirales en derechas o izquierdas, es decir, definir de qué lado del espejo están. Así por ejemplo, el ácido tartárico puede ser derecho o izquierdo. El que se forma en las barricas de vino siempre tiene

la misma quiralidad derecha; el izquierdo no es natural pero puede fabricarse en el laboratorio.

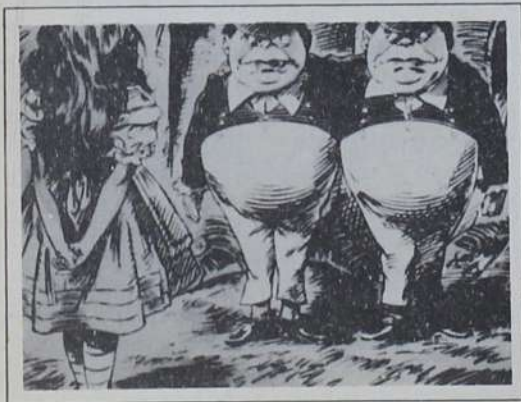
Quiralidad en biología

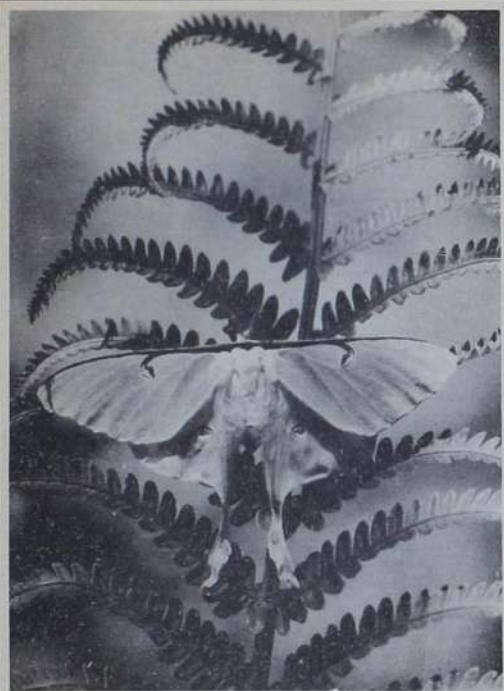
Los biólogos se encuentran enfrentados al problema de la quiralidad de una forma diferente: las sustancias que forman a los seres vivos, normalmente de las dos quiralidades posibles, existen en una sola. Así, por ejemplo, los aminoácidos son quirales con excepción de la glicina y todos ellos son izquierdos. Sólo algunas criaturas que representan formas muy antiguas de vida, como algunas algas, usan aminoácidos derechos. Esto lleva a pensar que la inmensa mayoría de los seres vivos de este planeta estamos emparentados, como si procediésemos de una microscópica y única maquina de hacer aminoácidos que sólo conocía un lado del espejo.

Estos primeros ladrillos de la estructura biológica dan origen a las proteínas, sustancias más complejas pero también quirales. Otras sustancias biológicas se presentan como hélices, derivadas de proteínas o de ácidos nucleicos, cada vez en una sola quiralidad.

En los sistemas vivos, para desencadenar las funciones biológicas, la naturaleza se esfuerza en usar el sistema de la cerradura y la llave; el requisito importante es que ambas sean quirales. Una cerradura sólo recibe la llave de su mismo lado del espejo, como el guante izquierdo reconoce sólo a la mano izquierda. De esta manera todas las sustancias biológicas están encadenadas a existir y funcionar de un sólo lado del espejo.

Todos hemos apreciado formas de muchas plantas o animales que son bellas por su simetría o su falta de simetría. La forma de espiral se encuentra en muchos vegetales. También hemos escuchado el sonido del mar en un caracol, una estructura quiral, pero pocos nos hemos preguntado si en la misma familia del caracol (padres, primos o hijos) han existido caracoles derechos e izquierdos. Los biólogos pueden responder que en algunas raras excepciones la naturaleza se equivoca e invierte la quiralidad por algún accidente embriológico. Se pueden encontrar caracoles de





colección en los cuales el sentido de la hélice es contrario al de su especie; las especies izquierdas son raras.

Quiralidad de los humanos

Los humanos nos creemos muy simétricos. La mayoría puede presumir de que su aspecto exterior sí lo es, pero cuando escuchamos a los neurofisiólogos hablar de los hemisferios cerebrales y la distribución no equitativa del trabajo entre ellos, podemos empezar a intuir que nuestra simetría no es tal. No podemos imaginar que haya un plano de simetría que nos divide de la cabeza a los pies dando dos mitades perfectas, una imagen de la otra, porque en una quedará el corazón y en la otra el hígado. Por lo tanto somos quirales. Al igual que en los caracoles, la madre naturaleza de vez en cuando produce la imagen especular de los humanos por accidentes genéticos y manda al mundo personas con el hígado a la izquierda y el corazón a la derecha, tal vez adecuados para conducir autos ingleses. También existen gemelos quirales; el matemático Lewis Carroll describió en la

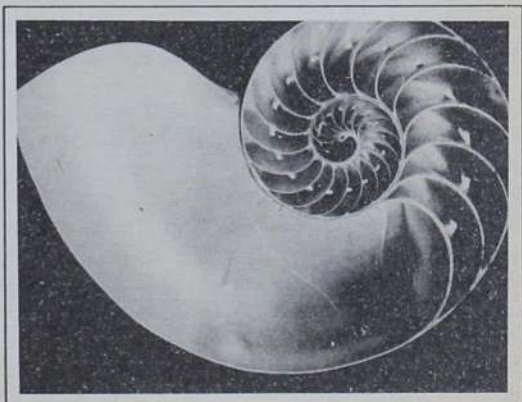
espléndida obra "A través del espejo y lo que Alicia encontró ahí" a los dos gemelos quirales Tweedle-dum y Tweedle-dee.

Los humanos con la quiralidad más común se conocen como *situs solitus* y sus enantiómeros como *situs inversus*. Se calcula que la proporción de humanos *situs inversus* es de 1 en 10000 adultos. Si no tomamos en cuenta estos accidentes, podemos pensar que la mayoría de los seres humanos tenemos el mismo molde quiral.

Clasificación de la quiralidad

Volviendo a la química, un problema importante que los químicos deben resolver es la clasificación izquierda o derecha de las moléculas quirales. Distinguidos investigadores han establecido reglas para su clasificación. Lo más común es la nomenclatura de los átomos de carbono tetraédricos que pueden ser R (*rectus*) o S (*sinister*), derechos o izquierdos, y para distinguirlos usan la regla del volante, y de las manecillas del reloj o de la mano derecha.

Todavía recuerdo la pregunta que me hizo el Profesor Jean Jacques, Director del Collège de France, en mi examen doctoral: ¿cómo puede establecer la configuración absoluta de sus moléculas quirales? (Estrictamente, la configuración absoluta es la descripción de la disposición espacial de los substituyentes de un átomo que es un centro de quiralidad, para establecer inequívocamente si este átomo tiene configuración derecha o izquierda).





Establecer la configuración relativa de una molécula es fácil, sólo debo compararla con otras. La absoluta no es tan fácil,... ¿con relación a qué se puede establecer? Esa pregunta, que no respondí en aquel entonces, dio vueltas en mi cabeza por un tiempo. Creo haber madurado la respuesta. Espero, Profesor Jacques, tener la correcta ahora: la configuración absoluta de las moléculas no es absoluta porque siempre está referida a una referencia quiral, y la referencia quiral universal es necesariamente el hombre, un objeto quiral. Podemos siempre establecer la derecha y la izquierda con referencia a nosotros mismos, pero ¿podemos realmente saber de qué lado del espejo estamos?

La última pregunta que deseo formular atañe a los biólogos, porque todo el sistema biológico de este planeta corresponde a un sistema quiral que tiene un sólo origen. Provenimos de una sola semilla quiral que fue capaz de inducir todo el sistema biológico a estar encadenado en un sólo lado del espejo. ¿Y este lado del espejo fué escogido al azar, o bien el sistema biológico de este planeta tuvo muchos orígenes pero todos coincidieron en la misma quiralidad? Si lo último es correcto, hay algo en el mundo físico que puede inducir a que se



produzca siempre la misma quiralidad; ésto sólo podría explicarse si el universo fuera a su vez quiral. Los físicos creen haber desentrañado el misterio: la violación de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles de las partículas nucleares indica que las fuerzas del universo son quirales. ¿Es ésta la maquineta?

Bibliografía

- I. Hargittai y M. Hargittai, *Symmetry Through the Eyes of a Chemist*, VCH Publishers, Nueva York, 1987.
- S. Mason, The origin of Chirality in nature, *Tips Reviews*, January 1986 [77], vol. 7 No. 1, pág. 20.
- P.A. Lehmann F. Stereoisomerism and Drug Action, *Tips Reviews*, July 1986 [83], vol. 7, No. 7, pág. 281.
- S.F. Mason, Biomolecular Handedness, Origins and Significance. *Biochem. Pharmacology*, vol. 37, No. 1, pág. 1 (1988).
- J.W. Galloway, Reflections on the ambivalent helix, *Experientia*, vol. 45, pág. 859 (1989).
- C.C. Pfeiffer y E.H. Jenney, Natural Asymmetry, Isomerism and Pharmacological Action, *J. of Scientific and Industrial Research*, vol. 26, No. 1, pág. 29 (1967).
- J.Félix Valdez, Violación de la paridad, *Avance y Perspectiva*, 10, 3 (1991).

¿Es buena la imagen que tenemos del mundo que nos rodea?

En este artículo se analiza, en forma muy breve, cómo los físicos perciben el universo, especialmente el universo microscópico.



Gabino Torres Vega

Introducción

En una serie de experimentos realizados recientemente,¹ se les mostraba a unos niños de pocas semanas de edad una pelota rodando sobre una mesa. Se ha observado que los niños no manifiestan

tan mucho interés hacia lo que no sea nuevo para ellos, así que se esperaba que después de un tiempo dejaran de interesarse en la pelota. Como parte del experimento, algunas veces se les hizo creer que la pelota podía pasar a través de una caja que parecía estar en el camino de la pelota. Lo que los investigadores encontraron es que en esta situación el interés de los niños aumentó considerablemente. Esto parece indicar que nacemos con ideas preconcebidas acerca del comportamiento del mundo que nos rodea y que éstas no cambian mucho durante nuestra vida. Por ejemplo, a los adul-

El Dr. Gabino Torres Vega es físico de la ESFM-IPN y doctor en Ciencias (Física) del CINVESTAV. Es profesor adjunto del Departamento de Física del CINVESTAV y su campo de investigación son los fundamentos de la Mecánica Cuántica.

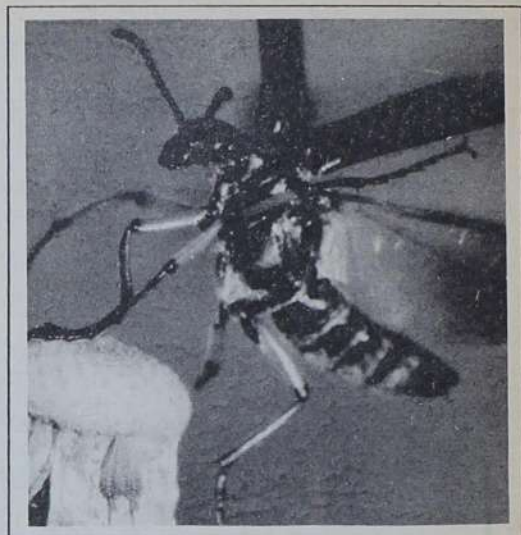
tos nos es muy difícil aceptar que cuando se trata de objetos tan pequeños como electrones, átomos, moléculas, etc., el fenómeno equivalente a la pelota que pasa a través de un obstáculo (efecto túnel) es perfectamente posible. En este artículo presentaremos algunas ideas sobre lo que los físicos piensan acerca del mundo que nos rodea, y sobre la pregunta que se hace en el título.

Mecánica clásica

El conocimiento que podemos adquirir sobre el mundo en que vivimos está bastante limitado por nuestros sentidos y por la clase de instrumentos que podemos construir. Por ejemplo, lo más rápido que una persona puede correr es algo así como 35 kilómetros por hora. A esta velocidad, a pesar de que esta persona pueda estar muy agitada, la imagen que tiene del mundo que lo rodea no difiere en mucho de la que tendría si se encontrara tirado en la playa disfrutando de un vaso de agua de coco con vodka. Todavía más, aunque se encontrara viajando en un jet supersónico, a varias veces la velocidad del sonido, esta persona percibiría una imagen familiar del mundo y concluiría que el mundo es el mismo, sin importar qué tan rápido o lento se esté moviendo. Con esta idea en mente, entre otras cosas, y hace mucho tiempo, los físicos crearon una disciplina llamada *Mecánica clásica*, que les permite estudiar los objetos macroscópicos en función de sus posiciones y velocidades. La mayoría de los acontecimientos de nuestras vidas diarias se pueden describir sin ningún problema con la ayuda de la mecánica clásica; sin embargo...

Relatividad especial

A primera vista nos parecería que la persona mencionada anteriormente podría explorar un rango amplio de velocidades, y que sus conclusiones seguirían siendo correctas. Pero esto no es así. En particular, la luz viaja tan rápido que no es posible construir un aparato que nos permita viajar a la misma velocidad, limitando así nuestras experiencias. Sin embargo, objetos pequeños, como electrones, protones, etc., pueden viajar bastante rápido, aunque no tanto como la luz, y mediante



los instrumentos apropiados podemos observar lo que les sucede durante esos viajes. Se ha verificado que un observador en reposo encuentra que el tiempo transcurre más lento para un objeto que viaja a velocidades cercanas a la de la luz. De acuerdo a estos resultados, mientras más rápido se mueva el objeto, al observador le parecerá que el tiempo transcurre más y más lento para el objeto hasta detenerse completamente si viajase exactamente a la velocidad de la luz. Para entender estas situaciones que involucran velocidades cercanas a la velocidad de la luz, los físicos han desarrollado (realmente A. Einstein la desarrolló sin ayuda de nadie más) la teoría de la *Relatividad especial*. Con la creación de esta disciplina uno pensaría que se tiene un mejor entendimiento del mundo en que vivimos. Sin embargo...

Relatividad general

Nuestra experiencia diaria nos sugiere que hay una fuerza que hace que todos los objetos sean atraídos hacia la Tierra. Newton encontró que su comportamiento se puede describir de manera adecuada por la mecánica clásica. Pero se ha encontrado que esta interpretación no es del todo exacta. Los fenómenos físicos ocurren realmente en un espacio de cuatro dimensiones y sucede que un objeto con una masa muy grande, como la tierra, deforma considerablemente el espacio a su al-

rededor. Así que un objeto se mueve de acuerdo a la distorsión del espacio de cuatro dimensiones provocada por la masa tan grande que posee la tierra, en una forma similar al movimiento de una pelota sobre una superficie sinuosa. Sólo que a nosotros nos parece que hay una fuerza que causa que sea atraída hacia el centro de la Tierra. Para vislumbrar la imagen correcta sería necesario experimentar el espacio de cuatro dimensiones, pero nosotros vivimos en un espacio de tres dimensiones: largo, ancho y profundidad. La cuarta dimensión es el tiempo, que no podemos asimilar porque nuestra imagen del tiempo corresponde a algo que está fluyendo continuamente. Esta percepción es muy distinta a lo que pensamos de una longitud. Los físicos (nuevamente Einstein sin mucha ayuda) se vieron en la necesidad de desarrollar la *Teoría de la relatividad general* con el propósito de describir el comportamiento de los objetos cuando algunos de ellos tienen una masa muy grande. La mecánica clásica es una buena aproximación cuando no tratamos con objetos masivos. Entre otras cosas, la teoría de la relatividad general predice que la luz ya no viaja en línea recta cuando pasa cerca de un objeto masivo, cosa que se puede verificar, por ejemplo, con observaciones telescópicas de las posiciones de las estrellas que están situadas atrás del sol antes y durante un eclipse.



Gratido de M.C. Escher (1898-1972)

Física de altas energías

¿El sentido de la vista nos da suficiente información acerca del mundo que nos rodea? Nuestros ojos utilizan ondas luminosas para obtener información de nuestro alrededor. Una abeja, por ejemplo, percibe un rango diferente de ondas que nuestros ojos, por lo que su imagen del mundo es muy diferente a la de nosotros. Para ellas, las flores aparecen muy brillantes en un fondo oscuro producido por lo que a nosotros nos parece el verde de las hojas. Las plantas toman ventaja de ello con el propósito de que las ayuden en el proceso de reproducción. Con cada onda está asociada una longitud característica conocida como *longitud de onda*. A fin de extender nuestro sentido de la vista, se han construido aparatos que son capaces de generar y percibir ondas con longitudes de ondas diferentes a las que nuestros ojos son sensibles. Un aparato de rayos X genera ondas que son capaces de atravesar el cuerpo humano y dar información detallada acerca de su estructura. Un aparato de ultrasonido también genera ondas capaces de atravesar el cuerpo humano, pero como tiene una longitud de onda mayor que la de los rayos X el detalle que tienen las imágenes que produce es mucho menor. Cuando deseamos estudiar objetos muy pequeños necesitamos ondas con longitudes de onda similares. Se ha encontrado que los objetos muy pequeños, como neutrones, protones, etc., son unos tipos muy extraños e indecisos que algunas veces se comportan como partículas y otras veces como ondas; mientras más rápido viajan tienen una longitud de onda más pequeña. Así que se pueden usar electrones, por ejemplo, para observar objetos pequeños, como neutrones, o a los objetos que forman a los protones. Sin embargo, cuando se tienen partículas microscópicas viajando a velocidades tan grandes, cercanas a la de la luz, es muy difícil aumentar aún más su velocidad, requiriéndose mucha energía para ello. Un acelerador de partículas es un aparato grandísimo que genera partículas (electrones y protones) con una gran velocidad y que permiten estudiar objetos tan pequeños como los neutrones o los mismos protones. La parte de la Física que está interesada en estos fenómenos se conoce como *Física de altas energías* y ha encontrado que objetos tan pequeños como un protón están formados por otros objetos aún más pequeños (quarks). De hecho, ca-

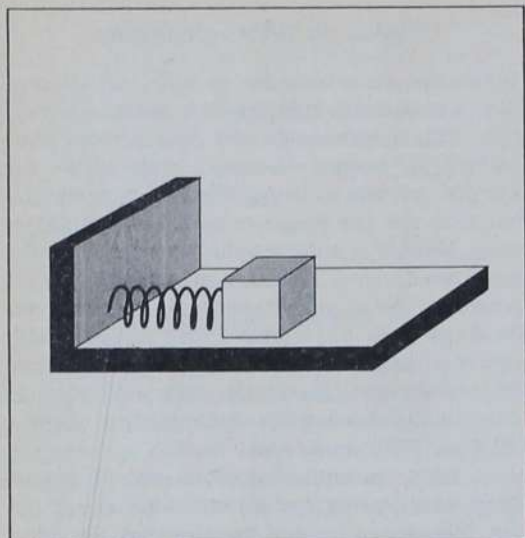


Figura 1. Nuestro ejemplo: Un bloque de madera sobre una mesa sin fricción y atado al extremo de un resorte que tiene el otro extremo atado a la pared.

da vez que se construye un acelerador de partículas más grande que el anterior, se encuentra que hay más y más partículas que constituyen la materia. Así que, en este caso, nuestro conocimiento del mundo microscópico depende enormemente del aparato utilizado. Y todavía hay más...

Mecánica cuántica y Mecánica estadística

Cuando tratamos de estudiar el comportamiento de objetos muy pequeños pero que no se mueven tan rápido, podemos utilizar otra disciplina que los físicos han desarrollado y que se conoce como *Mecánica cuántica*. Esta es una teoría que describe mejor este tipo de fenómenos que la mecánica clásica. Podemos usar un ejemplo sencillo para ilustrar algunas de las diferencias y similitudes entre las mecánicas clásica y cuántica. Imaginemos un bloque de madera sobre una mesa sin fricción y atado al extremo de un resorte, que a su vez tiene el otro extremo atado a la pared, como en la figura 1. Si el resorte no está estirado o encogido y el bloque de madera no se mueve, entonces permanecerá así indefinidamente. En este caso se dice

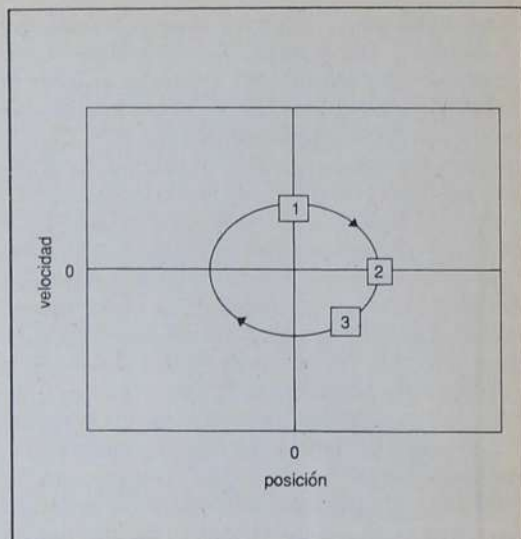


Figura 2. Representación gráfica del movimiento del bloque de madera de la figura 1. El punto marcado con 1 corresponde al instante en el que el bloque tiene máxima velocidad y pasa por la posición de equilibrio yendo de izquierda a derecha (velocidad positiva), mientras que el punto 2 indica el instante en el que el bloque se detiene e invierte su movimiento (cero velocidad). Cuando el bloque pasa por 3, viaja de derecha a izquierda con alguna velocidad (velocidad negativa).

que el sistema formado por el bloque de madera y el resorte se encuentra en equilibrio. Si estiramos o encogemos el resorte un poco, observamos que el bloque se moverá alrededor de la posición de equilibrio, en tal forma que el resorte se estira y se encoge alternadamente, y si no hay fricción entre el bloque de madera y la mesa, este movimiento continuará en forma indefinida. A esta clase de movimiento se le conoce como una oscilación. Al estirar o encoger el resorte, o al golpear el bloque de madera, estamos dando energía al sistema. Podemos depositar cualquier cantidad de energía en este sistema dependiendo de qué tanto estiremos o encogemos el resorte, o de qué tan fuerte golpeemos el bloque de madera.

Cuando el bloque se está moviendo, pasa a gran velocidad por la posición de equilibrio, disminuye su velocidad hasta detenerse e invierte su movimiento. Entonces aumenta su velocidad hasta que es máxima cuando pasa por la posición de equilibrio, momento en el que empieza a perder

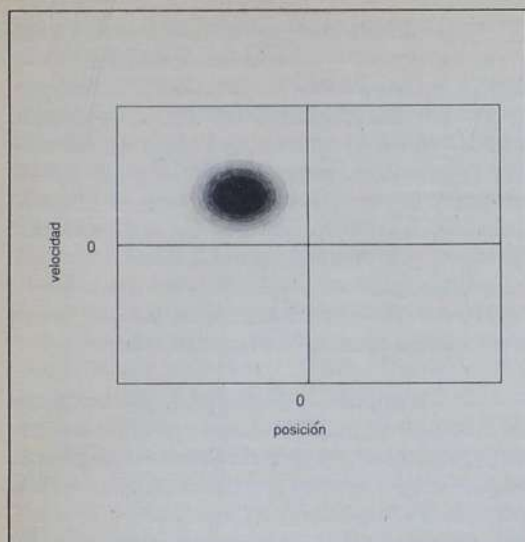


Figura 3. Ejemplo de una probabilidad estacionaria. Una región oscura indica que muchos sistemas similares al de la figura 1 tienen esas posiciones y velocidades, es decir, es muy probable encontrar a un sistema con esas características.

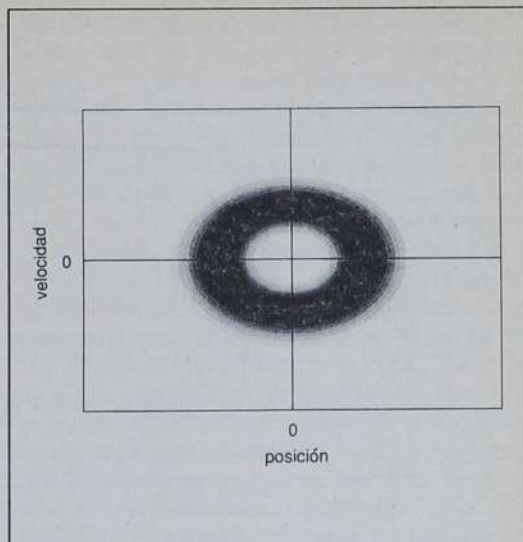


Figura 4. Ejemplo de una probabilidad no estacionaria, en este caso un "estado coherente".

velocidad hasta que se detiene e invierte de nuevo su movimiento, y así sucesivamente. Podemos representar este movimiento mediante un dibujo en el plano de velocidad contra posición. Consideremos el plano en el que en el eje horizontal representamos la posición del bloque de madera, medida desde la posición de equilibrio, y en el eje vertical tenemos la velocidad del mismo, como en la figura 2. En esta clase de diagrama el movimiento del bloque de madera queda representado por una elipse. Por ejemplo, el punto marcado con 1 en la figura 2 es el instante en el que el bloque pasa a máxima velocidad por la posición de equilibrio, moviéndose de izquierda a derecha (máxima velocidad positiva). El punto 2 marca el momento en el que el bloque se detiene, a la derecha de la posición de equilibrio e invierte su movimiento, empezando a moverse de derecha a izquierda. Y así sucesivamente. Todos los puntos de la elipse representan las diferentes posiciones y velocidades que el bloque adquiere en el transcurso del tiempo. Después de pasar por el punto dos, el bloque inicia el regreso hacia la posición de equilibrio y su velocidad empieza a aumentar, moviéndose de derecha a izquierda (velocidad negativa). El punto 3 representaría este instante.

Ahora supongamos que estamos interesados en el comportamiento de un sistema formado por millones de millones de subsistemas (elementos) idénticos, y lo único que sabemos es que la energía promedio del sistema tiene un valor dado. Como el número de elementos es tan grande, resulta imposible tratar de describir el movimiento de todos ellos mediante sus posiciones y velocidades. Así que tenemos que conformarnos con una descripción probabilística. La cantidad en la que estamos interesados es en la probabilidad de encontrar a uno de esos subsistemas con alguna posición y velocidad. Una forma en la que podemos representar a una de estas probabilidades es mediante una gráfica de densidad, como la que se incluye en la figura 3. En el eje horizontal se encuentran los posibles valores que puede tomar la posición, medida desde la posición de equilibrio. En el eje vertical tenemos los posibles valores que puede tomar la velocidad. Cada uno de los millones y millones de subsistemas queda representado por un punto en la gráfica de densidad. Las regiones más oscuras de la gráfica de densidad indican que hay muchos elementos con las mismas posiciones y velocidades. Las partes más claras indican que son muy pocos los elementos con esa posición y esa velocidad. De aquí en adelante nos referiremos a esta representación simplemente como "la proba-

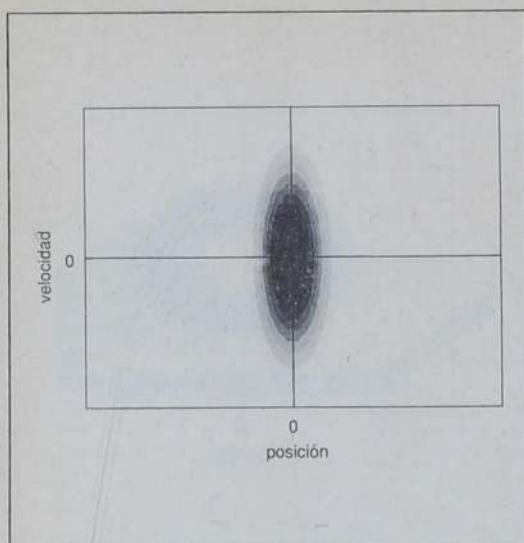


Figura 5. Ejemplo de una probabilidad estacionaria cuántica. Esta probabilidad corresponde al valor mínimo que puede tomar la energía promedio.

bilidad." Las partes en las que la probabilidad es más grande (región más oscura) señalan las posiciones y las velocidades con las que es más probable encontrar a los subsistemas. Por otra parte, si una posición y velocidad se encuentra muy raras veces, la probabilidad será mínima en ese punto (una región clara). La rama de la Física que utiliza esta clase de análisis en términos de probabilidades se conoce como *Mecánica estadística*, y está basada en la *Mecánica clásica*.

Algunas probabilidades cambian con el tiempo. En nuestro ejemplo del oscilador armónico, un sistema individual se mueve en la forma que se muestra en la figura 2; entonces se espera que la probabilidad (que es una representación de un conjunto de sistemas) se mueva en una forma similar, girando alrededor de la posición de equilibrio. Sin embargo, cualquier probabilidad que nos recuerde la curva de la figura 2, como la de la figura 3, no cambiará con el transcurso del tiempo ya que si unos sistemas abandonan una posición, habrá otros sistemas que inmediatamente ocuparán esas mismas posiciones. A esta clase de probabilidades se les conoce como *probabilidades estacionarias* (quizás porque parecen que están estacionadas, ji, ji).

Una probabilidad que sí cambia con el transcurso del tiempo se muestra en la figura 4. A este tipo de probabilidades las llamaremos *no estacionarias*. En nuestro ejemplo del bloque de madera, una probabilidad como la de la figura 4 indicaría que la gran mayoría de los millones y millones de bloques y resortes se encuentran con una posición y velocidad alrededor del pico de la probabilidad (la región más oscura) en ese instante de tiempo. La probabilidad de la figura 4 girará alrededor del origen del plano velocidad contra posición, en la misma forma como lo hace un solo sistema.

La descripción probabilística que acabamos de introducir es muy útil cuando tenemos que tratar con un gran número de sistemas idénticos al mismo tiempo, pero es una descripción incompleta pues no podemos conocer la posición y la velocidad de cada sistema en particular, y tenemos que contentarnos sólo con los promedios de algunas cantidades.

Por otra parte, cuando estamos interesados en el movimiento de objetos microscópicos, como el de los electrones, átomos, etc., no nos es posible conocer con exactitud su posición y velocidad debido a que son tan pequeños y se mueven tan rápido que es extremadamente difícil efectuar cualquier medición, y, entonces, también tenemos que recurrir a una descripción probabilística. Aunque esto suena algo semejante a lo que mencionamos anteriormente, cuando introdujimos la mecánica estadística, no es así. De hecho tenemos que usar una teoría completamente diferente conocida con el nombre de *Mecánica cuántica*. Como decíamos antes, se ha observado, entre otras cosas, que los objetos muy pequeños llegan a comportarse algunas veces como ondas y otras veces como partículas, y esto hace que la *Mecánica cuántica* sea muy diferente de la *Mecánica estadística*. Tratemos de analizar nuestro bloque de madera atado al resorte mediante la teoría de la *Mecánica cuántica* y examinaremos algunas de las diferencias entre los comportamientos de los objetos macroscópicos y microscópicos.

Al hacer el análisis cuántico del equivalente de nuestro bloque de madera atado a un resorte, encontramos varias cosas sorprendentes. En primer lugar, decíamos que al estirar o jalar el resor-

te, o al golpearlo, le estábamos dando una energía al sistema, y que podía hacerse en cualquier cantidad, sin ninguna restricción; así que la energía promedio de los millones y millones de sistemas idénticos también puede tomar cualquier valor. Esto no es cierto cuando se trata de un sistema microscópico. La energía promedio sólo puede tomar ciertos valores y no cualquier valor. Entonces decimos que la energía está cuantizada. De hecho, muchas otras cantidades físicas están cuantizadas, como la carga eléctrica. Sin embargo, la diferencia entre los valores permitidos para la energía es tan pequeña que en nuestro mundo macroscópico es imperceptible, provocando la ilusión de que puede tomar cualquier valor. Lo mismo ocurre con la carga eléctrica. Cuando medimos una corriente en un circuito eléctrico, son muchísimos los electrones que están circulando por el circuito, y la ausencia de uno o dos de ellos no es perceptible para nosotros.

En el caso clásico vimos que podíamos tener cualquier probabilidad estacionaria, con tal de que nos recordase las curvas en el plano posición con-

tra velocidad de la figura 2. Cuando el sistema es microscópico, se encuentra que las probabilidades estacionarias ya no son tan arbitrarias y que están asociadas a los posibles valores que la energía promedio puede tomar. La mayoría de las probabilidades estacionarias cuánticas tienen una forma muy diferente de las clásicas; no nos recuerdan en lo más mínimo a las curvas clásicas de la figura 2, y sin embargo permanecen invariantes con el transcurso del tiempo. En la figura 5 se puede ver un ejemplo de una probabilidad cuántica estacionaria para el sistema del bloque con el resorte con una energía mínima (que no es cero). Como vemos, esta probabilidad no nos recuerda para nada las curvas de la figura 2, y sin embargo no cambia con el transcurso del tiempo. ¡Otra sorpresa de la naturaleza! Afortunadamente, de entre todas las posibles probabilidades estacionarias clásicas y cuánticas, hay algunas que son las mismas para ambas descripciones y tienen la forma mostrada en la figura 3.

Estados coherentes

También existe una probabilidad no estacionaria que tiene la misma forma tanto en la descripción clásica como en la cuántica. Esta probabilidad se encuentra asociada a lo que llamaremos *estado coherente*, y se muestra en la figura 4. El estado coherente gira alrededor del origen, en la misma forma en la que un sistema individual lo hace. Sin embargo, en el tratamiento cuántico encontramos que si nos fijamos en una parte de la probabilidad que no sea el centro del estado coherente, ésta tiende a moverse en forma elíptica con un centro que se mueve sobre otra curva elíptica, en forma similar al movimiento de la luna que se mueve alrededor de la tierra y, al mismo tiempo, al de la tierra que se mueve alrededor del sol, como se puede ver en la figura 6. Este comportamiento es imposible de encontrar en el tratamiento clásico. Esto significaría que la energía del resorte está cambiando constantemente, algunas veces disminuyendo y otras aumentando, nada más porque sí. También notamos que la curva se cruza con ella misma, cosa que está estrictamente prohibida en la mecánica clásica, pues indicaría una incertidumbre con respecto al camino que el bloque seguiría. Otra cosa sorprendente es que en la descripción

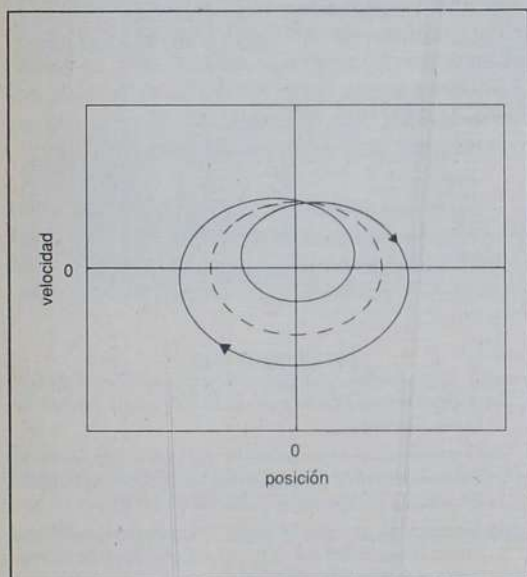


Figura 6. La línea sólida es un ejemplo del tipo de movimiento que ejecutaría un punto en la probabilidad coherente como el de la figura 4. La línea punteada representa el movimiento del pico de la probabilidad, que es un movimiento de tipo clásico.

clásica de la figura 2, cualquier sistema que se encuentre en cualquier punto de la curva va a seguir esa curva; pero en la descripción cuántica, diferentes posiciones y velocidades iniciales sobre una curva dada, como la de la figura 6, darán lugar a otras curvas completamente diferentes. Sin embargo, el centro del estado coherente sí se mueve como lo haría un sistema macroscópico, es decir, como se muestra en la figura 2. Las conclusiones en este párrafo se aplican sólo al estado coherente. Para otro tipo de probabilidades, la interpretación no es tan sencilla.^{2,4}

La imagen física del mundo

La imagen que los físicos tienen acerca del mundo que nos rodea es muy diferente a la que experimentamos en la vida diaria, y sin embargo diariamente se confirma en los laboratorios de todo el mundo. No obstante, como también sucede en otras ciencias, esta visión está limitada por el tipo de experiencias y aparatos que se pueden constru-

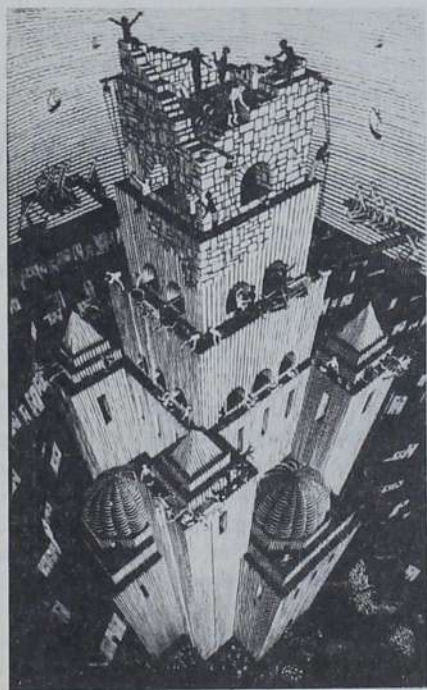
ir. Cuando se encuentra un fenómeno nuevo, nuestra idea acerca del mundo en que vivimos cambia. Así que como estamos expuestos a sólo pequeñas partes del universo y no tenemos una idea global del mismo, quizás nunca lleguemos a conocerlo completamente. Por ejemplo, se sabe que la acupuntura sí funciona, incluso se empiezan a conocer algunos de los efectos de introducir las agujas en el cuerpo humano, pero nadie ha visto los llamados *meridianos* que conectan los puntos de acupuntura con los órganos internos. ¿Es que no existen o es que no contamos con el aparato apropiado que nos permita detectarlos?

¿Y qué pasa con cosas más sutiles? La Psicología dice que nunca llegamos a conocer y que nunca llegamos a ser lo que supuestamente debemos ser. Cuando somos pequeños, como parte del acto de supervivencia adoptamos esquemas impuestos por la familia con el propósito de sobrevivir.⁵ Cuando somos adultos seguimos actuando nuestros papeles de niño y no llegamos a ser nosotros mismos. Curiosamente, los místicos tienen un punto de vista similar.⁶ Ellos dicen: "nuestra mente está muy agitada y la idea que tenemos de nosotros mismos se parece a nuestra imagen reflejada en la superficie de un lago con olas. Cuando las aguas están tranquilas es cuando entonces puedes verte. Ese eres tú". Pero yo no estoy calificado para discutir estas cosas.

¿Qué tan buena es la imagen que tenemos del mundo que nos rodea? Esta pregunta aún no se puede contestar. ❁

Referencias

1. Serie *Discovering Psychology* de la Televisión Pública de Estados Unidos.
2. Go. Torres-Vega y J.H. Frederick, "Quantum Mechanics in Phase Space. New Approaches to the Correspondence Principle", *J. Chem. Phys.* **93**, 8862 (1990).
3. Go. Torres-Vega y J.H. Frederick, "Momentum and Phase Space Representations of the Quantum Liouville Operator", enviado a *Phys. Rev. A*.
4. Cualquier libro disponible sobre Mecánica cuántica.
5. John Bradshaw, *Bradshaw: on The Family*. Health Communications, Inc., Florida (1988).
6. Geshe Rabten, *Treasury of Dharma*. Tharpa Publications, Londres (1988); Joseph Campbell, *The Power of Myth*.

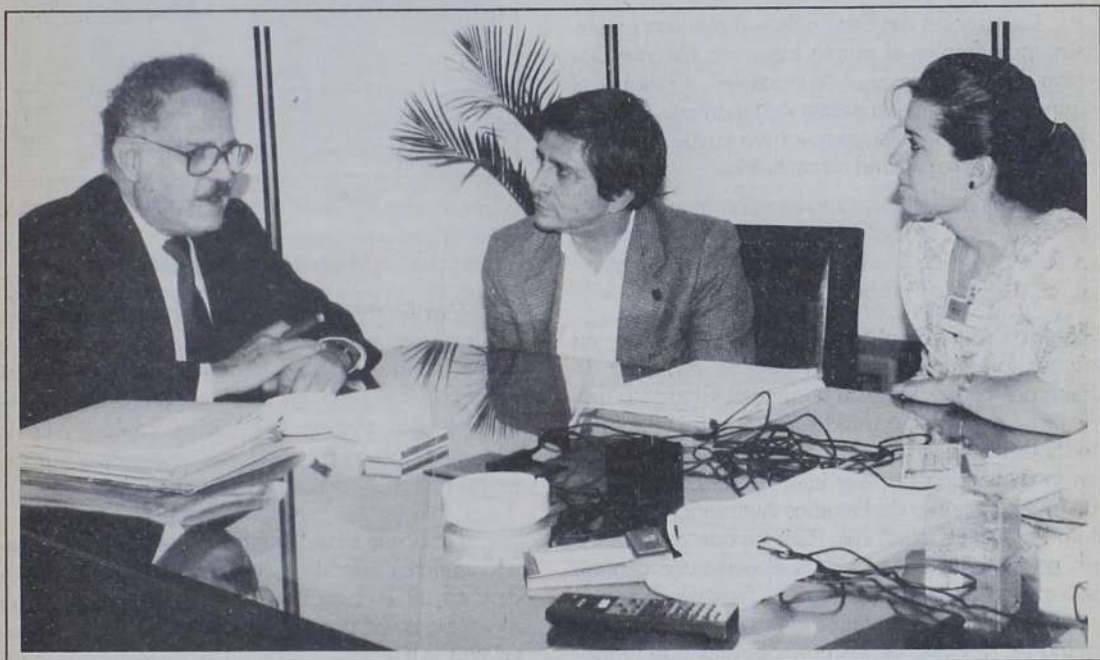


Grabado de M.C. Escher (1898-1972)

Perspectivas

La génesis del CINVESTAV: Entrevista con Eugenio Méndez Docurro

El ingeniero Eugenio Méndez Docurro narra aquí la creación del CINVESTAV, uno de los proyectos que se propuso realizar en 1959, al asumir la dirección general del Instituto Politécnico Nacional.



Rubén López Revilla y Rebeca Reynoso

Esta entrevista es una primicia que nos cuenta cómo fue creado el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, por boca del protagonista

principal, el ingeniero Eugenio Méndez Docurro. Constituye además uno de los eventos cardinales con los que estamos celebrando los primeros 30 años de vida del CINVESTAV.

Rubén López Revilla (médico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y doctor en genética del CINVESTAV) es profesor titular del Departamento de Biología Celular y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*. Rebeca Reynoso (licenciada en pedagogía de la UNAM) realiza su programa de maestría en ciencias en el Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV.

Nuestro entrevistado es uno de los personajes más notables de la ciencia y la tecnología mexicanas. Se formó como ingeniero en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y obtuvo la

maestría en ciencias en la Universidad de Harvard. Ha sido profesor de la ESIME y subdirector y director general del mismo instituto. Fue vocal ejecutivo del Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC) y director fundador del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Dentro de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ha sido director de Telecomunicaciones y titular del despacho; actualmente es director general del Instituto Mexicano de Comunicaciones.

La creación del Centro es —dicho con un término que emplea el propio ingeniero Méndez Docurro en la entrevista— “iluminante”. Conjunta el sueño de un genial maestro de ingeniería y la hazaña de un alumno suyo que tuvo la visión, la persistencia y la capacidad de realizarlo.

Rubén López Revilla (RLR). Don Eugenio, en primer lugar queremos agradecerle el honor de habernos concedido esta entrevista. El asunto que nos trae aquí, como usted sabe, es muy importante. Sobra explicárselo, por el papel que usted tuvo en la realización de esta idea de hacer el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Para los que conocemos un poco al Centro, usted es el personaje central, sobre todo en la primera etapa. También venimos a verlo porque no tenemos el recuento de primera mano de ninguno de los protagonistas que fundaron el Centro. No conocemos bien la historia; lo hemos oído todo de segunda mano.

Eugenio Méndez Docurro (EMD). Mire usted, los antecedentes son los siguientes:

Yo estudié en la ESIME del 42 al 45 y tuve la suerte de tener excelentes maestros. Entre ellos destacan el ingeniero Walter Buchanan, el ingeniero y doctor Manuel Cerrillo, el ingeniero Ramírez Caraza y el doctor Alfredo Baños, muy buen expositor, fundador del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y segundo doctor en física mexicano, ya que el primero fue Sandoval Vallarta.



Manuel Cerrillo (1907-1987).

Manuel Cerrillo

Con Cerrillo tomé tres cursos realmente iluminantes: circuitos eléctricos, teoría electromagnética, y propagación y antenas. No era muy ordenado como expositor pero era muy sugerente; solía habernos del avance en varios campos de la comunicación y de novedosos desarrollos. Sus cátedras fueron formadoras y estimulantes.

Tuvo una vida bastante variada en la consecución de su afán de investigar. Terminó sus estudios en mi escuela, la ESIME, y se graduó como ingeniero mecánico electricista. Fue luego a trabajar con la General Electric a Schenectady y tomó cursos en el Union College. Regresó a México y trabajó en la Compañía de Luz y en la entonces llamada Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), por lo que fue un ingeniero practicante, sobre todo en materia de cables, conmutadores y equipos de corrientes portadoras. Además, tomó cursos superiores de matemáticas en la Universidad Nacional.

Más tarde fue al Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde completó sus estudios para el doctorado en ciencias. Regresó algunos años a México como profesor de mi escuela y volvió en 1945 al MIT, donde fue investigador durante veinte años. Dirigió muchas tesis y en lo personal tuvo un de-

sempreño científico impresionante, como puede verse en su currículum.⁵ Fijense en todo lo que hizo en su vida don Manuel Cerrillo: artículos científicos, su tesis en el MIT. No daba clases; dirigía tesis, aparte de hacer investigación personal.

Cerrillo, que era muy brillante, muy inteligente, tenía un carácter peculiar, era hipersensible. Había que tratarlo con mucho cuidado, porque a veces consideraba como desaire cualquier cosa que estaba lejos de tener esa intención. Decía que aquí en México no lo querían, que lo calumniaban, lo cual no era cierto. Si acaso lo envidiaban.

Una vez me tocó presenciar un diálogo después de un examen profesional. Cerrillo formaba parte del jurado y otro profesor, también miembro del mismo, cuestionó al sustentante y calificó de incorrecto algún pasaje de la tesis. Cuando le tocó el turno a Cerrillo, retomó el mismo asunto y condujo el análisis para que se demostrase, indirectamente, que su colega era el que estaba equivocado y no el sustentante. Al terminar el acto el otro profesor, un tanto molesto se acercó a decirle: "Oye Manuel, en relación con ese punto creo que tengo razón...". "Perdóname, yo no discuto ... tonterías".

Se molestaba por cualquier cosita e imaginaba que se le quería agredir. Sus alumnos, que lo conocíamos bien, lo consecuentamos, lo apapachamos, aunque sin exceso, porque él se daba cuenta cuando uno pretendía pasarse de la raya y eso no lo aceptaba tampoco.

La CICIC

Siendo yo estudiante y estando Cerrillo en México se creó la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC), casi a la medida del maestro Manuel Sandoval Vallarta, quien era profesor (full professor) muy distinguido del MIT. Era la época de la guerra y por algún motivo él quiso regresar a México.

Entonces había cierta efervescencia. Era Presidente de la República Avila Camacho. Luis Enrique Erro, uno de los ideólogos de la enseñanza técnica en México, era muy amigo de Avila Camacho, como lo había sido del general Cárdenas, fundó el Obser-

vatorio de Tonanzintla y de alguna forma indujo al Presidente a que creara la CICIC para impulsar la ciencia aquí en México aprovechando a Sandoval Vallarta. Había varios vocales en la CICIC. Recuerdo a Sandoval Vallarta que era el vocal fisicomatemático, al ingeniero Ezequiel Ordoñez, de Geología, y a Monges López, que era vocal secretario.

Los personajes más prominentes de la incipiente comunidad científica se conjuntaron en la CICIC, con la idea de hacer investigación y promover la ciencia. Se vio luego que era impracticable que la CICIC hiciera ambas cosas. Iba a competir con las universidades y los institutos existentes entonces. Después se cambió la ley para que la CICIC, y luego su sucedáneo, el INIC, fueran promotores de la ciencia y ya no hicieran investigación directamente.

Pero en la época en que en la CICIC se hacía investigación, Cerrillo fue invitado a crear la Sección Electromagnética dentro de la vocalía de Física. Allí hizo trabajos muy interesantes y varios alumnos suyos entramos a trabajar con él. Hicimos nuestros pinitos en materia de investigación: radiación electromagnética de placas... en fin, una serie de cosas. Cuando se fue Cerrillo a Boston, desapareció poco después la Sección Electromagnética de la CICIC.

De becario a subdirector del Politécnico

Yo sigo mi carrera. Terminé en el 45. Empiezo a dar clases en mi escuela y en el 47 me recibo y pido una beca a la Secretaría de Educación Pública. Me la dieron y solicité ingreso a varias universidades americanas. Me admitían en el Caltech, en la Universidad de Yale y en Harvard. Decidí irme a Harvard, entre otras cosas porque estaba muy cerca de MIT, donde trabajaba mi maestro Cerrillo. Entonces lo veía con gran frecuencia.

En Cambridge estuve dos años. Luego no me renovaron la beca. Junto con un uruguayo y un venezolano trabajamos de contrabando en uno de los clubes del Harvard College. Eramos cocineros y meseros. Y así me sostenía mientras esperaba la beca. Después de que no pude obtener la renovación, vendí por poder una casita en Veracruz y me

fui a Francia, a la Facultad de Ciencias de la Universidad de París, con el profesor Darmon y con su ayudante Epelboin, y estuve allí seis meses, con muchas limitaciones de equipo. Yo pensaba hacer un trabajo experimental pero tenía que conseguir un aparato a veces en la Escuela Superior de Electricidad, otro por acá... En fin, era bastante difícil. En esa época fui a las conferencias de Madame Joliot-Curie sobre radiactividad; en realidad no por un interés o una vocación específica, sino atraído por el personaje. Fue una experiencia bonita, pero sin logros.



Regresé a México e ingresé como profesor en la ESIME. Pronto me invitó el ingeniero Ramírez Caraza, recién nombrado Director General del Politécnico, a ser subdirector del Instituto. Así arranqué mi carrera administrativa. Ese fue el momento en que me desvinculé de la posibilidad efectiva de hacer una carrera científica.

La semilla

Cuando mi maestro Cerrillo fue director de la ESIME —del 35 al 37— creó los cursos de graduados, invitando a gente muy prominente en aquellos entonces.

Quedó, digamos, esa semillita, esa inquietud que sembró de los cursos de graduados que hubo en la ESIME. Siendo yo estudiante la hicimos revivir, porque nuestro maestro Cerrillo nos decía: "Tienen que estar al día y llegar a lo más avanzado. Cuando yo estudié en México, tenía maestros alemanes y austriacos —que yo conocí— como los maestros Keller y Peter que sabían la mejor tecnología de entonces. Venían con lo mejor del conocimiento de su época. También había, por supuesto, excelentes profesores mexicanos, como don Antonio Suárez. A mí me tocó estudiar cuando la ESIME estaba a un nivel muy decoroso en relación con cualquier escuela del extranjero".

La brecha tecnológica

Con la guerra esto cambió radicalmente. Hubo un avance científico-tecnológico, sobre todo en Estados Unidos, que abrió una brecha fenomenal. En el 47, cuando yo estaba en Harvard, se divulgó la invención del transistor. Y aquí en mi escuela, cinco años después, se seguían estudiando bulbos. Es decir, ya había un desfase entre el nuevo conocimiento y lo que se venía enseñando en México.

Desde la época de estudiantes quisimos reanudar los cursos de graduados. Invitamos a varios profesores, como Jaime Lifschitz, gran matemático egresado de la ESIME, a quien luego volví a encontrar en Harvard. A Roberto Vázquez, a Guillermo Torres, recién doctorado en matemáticas, a Enrique Valle Flores, quien luego se fue a Hermosillo a dirigir la escuela de graduados de la Universidad de Sonora. En fin, eso fue quedando ahí, latente. Cuando yo me fui a la subdirección del Instituto quisimos reanimar esto, pero los problemas cotidianos no permitían que el Director General o yo nos dedicáramos con asiduidad a la promoción de ese proyecto.

Director General del Politécnico

Pasó el tiempo. Yo me fui de director de Telecomunicaciones a la SCOP y estuve ahí siete años. Y

en el sexto año —en el 59— me invitaron a ser Director General del Politécnico. Esto fue cuando López Mateos iniciaba su periodo presidencial. Por un año estuve a cargo de las dos direcciones, al cabo del cual renuncié a la de Telecomunicaciones.

Hubo dos cosas que como director del Politécnico quise y logré hacer. Una, crear la Escuela de Graduados, que finalmente adoptó la forma descentralizada para protegerla de los avatares políticos del Instituto. Otra, crear la Escuela Superior de Física y Matemáticas, porque a mí me parecía un contrasentido que el Politécnico no tuviera una escuela de esas disciplinas. Esos dos proyectos se realizaron durante mi gestión. Pero, claro, tuve —debo decirlo con todas sus palabras— la ayuda del Presidente López Mateos. El apoyo que recibí entonces la educación en general, la educación superior en particular y la técnica muy especialmente, fue generoso y determinante.

Quise avivar primero el asunto de la Escuela de Graduados. Manuel Cerrillo —que seguía en Boston— y yo teníamos correspondencia frecuente. El venía a México y nos daba pláticas; yo iba a verlo a Boston. Nos traía algunos conferenciantes del MIT o de alguna otra parte, a un pequeño grupo de seis o siete personas. Entre ellos recuerdo a don René Cravioto, director de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, a Emilio Rodríguez Mata, ingeniero electricista, español republicano, a Alfredo Barrera y a Juan Manuel Gutiérrez Vázquez.

Promoví la creación de la Escuela Superior de Física y Matemáticas. Para ello invité también a un grupo muy prominente de jóvenes matemáticos y físicos, como Leopoldo García Colín, ahora miembro del Colegio Nacional y Premio Nacional de Ciencias; él fue de la planta fundadora de profesores. En fin, un grupo de físicos y matemáticos que iniciaron esta escuela; entre ellos Rojo, Morales Amado, Carlos Vélez Ocón y Víctor Flores Maldonado, quien fue el primer director de la Escuela.

La Escuela de Graduados

Yo seguí viendo con Cerrillo la forma de crear la Escuela de Graduados. Buena parte de los docu-

mentos de este asunto está vaciada en una serie de artículos en *Acta Politécnica Mexicana*, que les voy a dar como una referencia histórica.

El primer artículo, que tengo aquí² es del año 62, cuando era yo director del Politécnico. Informo en él de la creación del Centro y hago referencia a la carta que me envió el doctor Cerrillo en el año 59, la cual refleja muchos de los lineamientos necesarios para crear un centro de investigación.

Aquí está una copia de esta carta de don Manuel¹, con su firma, para que no digan que la inventé yo. Ha habido una serie de versiones disparatadas, hasta en publicaciones, en donde imaginan cosas.

El año 67 Cerrillo y yo publicamos este trabajo de título muy largo:³ “Sobre algunas conexiones estructurales entre el efecto de las tecnologías y el desarrollo nacional”, que borda sobre el problema de cómo deben funcionar los centro de investigación. La segunda parte⁴ —en la que ya no participé por estar embarcado en actividades administrativas— la escribió seis años después Cerrillo con Arrigo Coen.

En el 70 publiqué otro documento⁶, basado en una plática que sustenté en el Instituto Nacional de Administración Pública, sobre la labor del INIC.

Cerrillo se descalifica

Dado que Cerrillo era mi consultor en el proyecto de la Escuela de Graduados del Politécnico, lo fui animando para que se encargase de ser el primer director. El estaba siempre renuente y comentaba: “No, mire usted, yo no tengo la capacidad para encargarme de eso...”

El Secretario de Educación Pública era don Jaime Torres Bodet y al frente de la Subsecretaría de Educación Tecnológica, recién creada, estaba mi amigo Víctor Bravo Ahuja —también egresado de la ESIME, ingeniero en aeronáutica con un posgrado en Estados Unidos, y que había sido profesor y rector del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Yo contaba con la ayuda de Bravo Ahuja y con la tolerancia y simpatía de don

Jaime Torres Bodet, pero sobre todo con el apoyo directo del Presidente, que en este país es esencial.

Medio convencido Cerrillo, el Presidente López Mateos hizo una gira a Estados Unidos y Canadá y nos invitó a mi amigo Nabor Carrillo —Rector de la UNAM— y a mí, como director del Politécnico. Yo le pedí autorización al Presidente para llevarle a presentar a Manuel Cerrillo, que en principio ya había aceptado ser director de la Escuela de Graduados. Le hablé a Cerrillo por teléfono para decirle que la entrevista sería en Nueva York, en la torre del Waldorf Astoria, donde estaría alojado el Presidente López Mateos. Y llegó puntualmente.

Sentados los tres en un saloncito en el alojamiento del Presidente, le dije a López Mateos: "Señor Presidente, para mí es un gran honor presentarle a mi querido maestro don Manuel Cerrillo, de quien tanto le he hablado. El es el alma que ha estado detrás de la creación de la Escuela de Graduados, por la que tanto estamos batallando. Y me da mucho gusto que haya usted aceptado dedicarle unos minutos". Entonces le dice el Presidente: "Qué bueno que México recupere una persona de su calibre. Y sobre todo para iniciar una labor importante, un centro de posgrado y de investigación". Don Manuel respondió: "Mire señor Presidente, realmente yo no soy capaz de hacerlo". Entonces se me queda viendo el Presidente, como diciendo, "¡Cómo, usted me dijo que había aceptado!" Y siguió diciendo don Manuel: "Yo sí puedo ayudar a que se haga esto, pero no me siento capaz de asumir esa responsabilidad". El Presidente le dijo entonces: "Piénselo usted, doctor". Esta es la verdad histórica y no las versiones que sitúan el hecho en otra parte, y que desvirtúan los acontecimientos.

RLR. Alguien me dijo también que don Manuel Cerrillo era director de los Lincoln Laboratories y que por esa razón no se vino de los Estados Unidos.

EMD. Eso no es cierto. En esos laboratorios, que están en Lincoln, Massachussets, algo retirado de Cambridge, hacían investigación para las fuerzas armadas y eran muy restringidos. Yo fui con Cerrillo una vez a conocerlos. Ahí trabajaba gente que se doctoró con él, pero Cerrillo nunca trabajó ahí

directamente. El era investigador del Research Laboratory of Electronics, que estaba en Cambridge, en el campus principal de MIT.

Al regresar a México, le hablo a Cerrillo y le digo: "Maestro, ¿pero qué pasó?". Y me contestó: "Mire usted, ya me hice unas pruebas psicológicas y me convencí de que no tengo el carácter para esto, y además no me conoce la gente". Le contesté: "Oígame, pero en México lo conocemos todos". Dijo: "Sí, bueno, sí. Pero muchos no me quieren". Respondí: "Pero eso le pasa a todo mundo; en MIT todos lo conocen, desde el profesor Stratton —que era presidente del MIT y había sido su maestro—. Y todo mundo reconocía su competencia, de veras; yo recolecté opiniones. Estar 25 años en MIT como investigador no cualquiera lo logra. Además, pasó allí parte de la guerra sin ser ciudadano americano. De verdad era muy bien considerado.

¿Si no es usted, quién?

Yo le pedí entonces a Cerrillo que me dijera quién podría estar en lugar de él. Recuerdo desde luego que mencionó a don René Cravioto —a quien yo estimé mucho—, entonces director de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, como uno de los posibles. No quisiera omitir ni agregar a nadie indebidamente; tengo la lista por ahí.

Poco después me dice Cerrillo en México: "Ya hice una indagación en la comunidad científica. Hay dos científicos mexicanos conocidos internacionalmente: Manuel Sandoval Vallarta y Arturo Rosenblueth. Sandoval Vallarta ya no tiene mucho empuje; como que ya llegó a la culminación con su teoría Lemaitre-Vallarta. Sigue aquí en México de impulsor, pero ya no con el entusiasmo necesario para volcarse en un proyecto como éste. En cambio, Rosenblueth está en plena actividad, está publicando mucho, lo conocen muy bien. Es el que debe ser director. ¿Usted lo conoce?" No, no lo conocía personalmente.

Yo caí enfermo con una bronquitis tremenda y a mi 'lecho de dolor' llegó Rosenblueth, presentado por Cerrillo. Estábamos Cerrillo, Rosenblueth, Bravo Ahuja y yo, en mi recámara, platicando. Y le digo a Rosenblueth: "Bueno doctor, pues aquí el maestro Cerrillo dice que usted es la persona

ideal para esto". Contestó Rosenblueth: "Pues yo quiero enterarme más, porque cuando asumo una responsabilidad me gusta hacerlo a conciencia y a satisfacción, según mis convicciones. Así vine cuando me invitó el maestro Chávez a Cardiología. Dejé Harvard, pero yo sabía a qué venía y puse mis condiciones, que fueron aceptadas. Y una cosa similar quiero hacer aquí. Me gusta la idea, pero tengo que madurarla". Le pasamos toda la documentación a Rosenblueth y le advertí: "Yo soy director del Politécnico, pero no puedo nombrarlo de mis pistolas. Tengo que consultar con Torres Bodet y con el Presidente". Y me dijo: "Yo eso lo entiendo, no hay ningún compromiso".

Yo estaba ya muy urgido, porque también por su lado Torres Bodet estaba pensando a quiénes podía invitar. Nabor Carrillo había dejado de ser rector de la UNAM y Torres Bodet lo sugería. Yo le dije a Torres Bodet: "Pero acaba de ser rector. Quizá no le interesa. Además, él es ingeniero civil y hay que impulsar otras ramas". Y me dice: "No, es físico nuclear. Y es muy entusiasta". Y yo le respondí: "No, no es físico. Que esté en la Comisión de Energía Nuclear tampoco es suficiente. También estaba el señor Gorostiza, que era poeta. Yo no le quito méritos: los tiene y muchos, es amigo mío, pero creo que no es el adecuado. Además, quizá ni le interesa". Nunca se le invitó a

Nabor, que yo sepa, pero traía sus ideas don Jaime. Porque además él era colega de Arturo Rosenblueth en el Colegio Nacional y como que Torres Bodet recelaba un poco de su espíritu independiente, siempre muy terminante en sus opiniones. Como que tenía un poco un carácter de esa naturaleza dirigiendo una institución de la Secretaría de Educación Pública.

Yo tenía acceso al Presidente; cuantas veces le pedía una entrevista me la concedía. Entonces un día le pido audiencia al Presidente. "Qué se le ofrece a usted", me dijo López Mateos. "Ya ve usted que don Manuel Cerrillo no quiso... Y yo vengo a decirle que hemos estado pensando... Tenemos una lista de ocho personas. Y la encabeza una que acabo de conocer apenas. Pero es la que propone el maestro Cerrillo. Y claro que usted sabe quién es". "¿Quién?" "Arturo Rosenblueth". "Sí, sí sé quién es". Y le propuse: "Si usted no tiene inconveniente yo podría formalmente invitarlo". Y López Mateos me dio una lección: "Mire, el director del Centro va a ser el que usted diga, pero trate antes el asunto con el Secretario de Educación Pública".

Rosenblueth, al fin

Finalmente don Jaime estuvo de acuerdo. Rosenblueth aceptó el nombramiento de director con la condición de que Cerrillo fuera el Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro. Y Cerrillo dijo: "Ah, eso sí. Eso sí puedo". Y a la mera hora tampoco aceptó. Nunca estuvo en el Centro el ingeniero Cerrillo, nunca. Se regresó a Boston, allá se jubiló. Volvió a México ya formado el Centro y luego colaboró en la SCT en el intento que hicimos de integrar al Instituto Nacional de la Comunicación y como asesor de Guillermo Massieu, para entonces Director General del Politécnico. En fin. Lo que pasó, como es sabido, es que no quiso enfrentar esa responsabilidad; por lo que sea, no quiso encargarse de llevar a la práctica sus ideas.



Ing. Manuel Castellanos, Sr. Manuel Benítez, Eugenio Méndez Docurro, Virginia Thompson de Rosenblueth y Arturo Rosenblueth.



Arturo Rosenblueth. Dibujo de Silvia Pardo, 1966.

Arturo Rosenblueth sugirió modificaciones a la estructura del Centro. Desde luego, se abandonó la idea de que la Escuela de Graduados estuviese dentro del ámbito administrativo del Politécnico, y sujeto a los avatares sindicales y políticos. Rosenblueth dijo: "Eso no va a funcionar así". Estableció una serie de principios, como el tiempo completo y exclusivo para los profesores, un buen sueldo, contratos por tanto tiempo y renovables hasta dos veces, que si no ascendían ya no fuesen recontractados... Así se creó el Centro.

Quizás en la actualidad las tesis de Cerrillo y las de Rosenblueth no son totalmente aplicables, pero en su momento tan lo fueron que ahí está el Centro. Es decir, por algo existe.

Condiciones iniciales del Centro

Cuando se creó el Centro, los salarios que tenían los profesores eran verdaderamente muy decorosos. Al grado de que funcionarios de la UNAM me

reclamaron. Arturo Elizundia, director de la Escuela Nacional de Comercio y Administración (hoy Facultad de Contaduría), me decía: "Oyeme, ¿cómo están pagando esos sueldos allá? Van a dismantelar a la Universidad". Le dije: "Nadie quiere dismantelarla. Pepe Adem, que estaba en el Instituto de Matemáticas, se vino con Samuel Gitler y Carlos Imaz. De Nutrición Carlos Gitler y de Cardiología Juan García Ramos; también llegó José Ramírez de Arellano —muerto prematuramente— que era extraordinario. Han sido varios, efectivamente. Pero como dice Rosenblueth, esto va a ser una poda. Si la Universidad no es capaz de reproducir su propia capacidad científica, realmente está dependiendo de unas cuantas personas nada más, por una parte, y por la otra, la de los salarios; eso me lo van a agradecer después, porque la Universidad va a tener que pagar así". Como fue. Cambió la situación del pago de profesores e investigadores en todo el sistema. Ahora los salarios están muy deprimidos, en particular para los profesores investigadores. Pero es otra época.

Esa fue, en síntesis, la génesis del Centro. Al principio no tenía local. Empezó a funcionar en instalaciones del Politécnico allá en Zacatenco. Allí se alojó inicialmente. Luego se construyó al norte la primera serie de edificios del Centro.

Semblanza de Arturo Rosenblueth

RLR. ¿Nos podría dar una imagen de don Arturo Rosenblueth? Si apenas lo conoció usted, ¿qué impresión le causó para tener esa actitud tan decidida al invitarlo?

EMD. Sí, cómo no. En primer lugar, era un hombre de una gran brillantez. En lo referente a su trayectoria científica, que yo no podría calificar, su calidad se puede certificar a través de sus publicaciones, y del especial reconocimiento que le tenía, entre otros, Norbert Wiener.

Yo conocí a Wiener porque venía frecuentemente a México a verlo a él al Instituto Nacional de Cardiología. Y su libro de cibernetica está dedicado a Arturo Rosenblueth. Quería y admiraba mucho Wiener a Rosenblueth. Siendo yo estudiante de la ESIME invité al profesor Wiener a ins-

tancias del doctor Cerrillo a que diera una plática en mi escuela; estaba trabajando en la predicción estadística y filtrado de series temporales (mensajes). Luego, en una cena que le ofrecimos, dijo: "Ustedes tienen aquí a un gran científico, a Rosenblueth, con el que yo colaboro...". Había, pues, la opinión de un hombre de gran calibre elogiando el talento de Arturo Rosenblueth.

Y luego, como persona, Rosenblueth era muy atractivo. Tenía pautas de comportamiento muy peculiares. Por ejemplo, a las cinco de la tarde terminaba su trabajo en el laboratorio y se iba a su casa a leer novelas, tomar whisky, oír música, tocar el piano. Y a un grupo reducido de gente — al que nos incorporó a Pepe Adem y a mí — nos invitaba los sábados a su casa. A platicar de lo que fuera, a tertulias, a tomar la copa. Y Virginia, su mujer, preparaba algo de cenar. Eso me fue dando oportunidad de conocerlo como persona. Tenía rasgos muy atractivos, y otros que eran hasta temibles, porque él era temible.

Una vez, un día de su cumpleaños, a su casa llegó más gente que yo no conocía. Eran unas veinte personas. No tenían servicio. Virginia tenía que atender todo; Juan García Ramos, Chuy Alanís, Pepe Adem y yo ayudábamos un poco. Y una señora estaba sentada junto a mí. Le dice Rosenblueth: "Usted señora ¿qué quiere?" "Cerveza". Y luego le dice la señora: "Doctor ¿lo molesto a usted con un poco de azúcar?" "Sí, cómo no... ¿Y para qué quiere usted el azúcar?" "Para ponerle a la cerveza". "¡Ah no! ¡En mi casa, porquerías no!".

Había cosas que no soportaba. Y en materia científica era de una inflexibilidad total. Admitía opiniones discrepantes, pero sustentadas en una viabilidad, y sujetas a comprobación. Pero no le gustaban las disquisiciones así nomás por hablar. Tenía un lema sobre su actitud como investigador experimental: "El gato es el que tiene razón".

Cuando quedaron instalados los laboratorios de fisiología en el Centro y se reiniciaron sus investigaciones, invitó a don Jaime Torres Bodet. Don Jaime acababa de publicar un libro que se llama, si no recuerdo mal, *Los maestros venecianos*, que trata de los pintores renacentistas de esa ciudad. Don Jaime recorrió los laboratorios y tuvo que presenciar el

espectáculo de un gato con electrodos implantados en varias partes del cuerpo y los registros en el osciloscopio. Al término de la visita don Jaime preguntó: "¿Y qué trascendencia tiene para el país el estudio de las reacciones de los gatos?". De inmediato Rosenblueth respondió: "La misma que una crónica sobre los maestros venecianos".

En sus tertulias, Juan García Ramos tocaba la guitarra. Le gustaban mucho las canciones campiranas a Rosenblueth. Nos pasábamos allí cantando. En estas tertulias se hablaba de todos los temas. A veces se llegaban a abrir "los siete abanicos del corazón", según solía decir. Y tenía un talento y una penetración muy notoria. Y además una gran franqueza; él no se medía.

Se murió a tiempo, después de todo. El participó en los estudios que se hicieron cuando se iba a crear el CONACYT. Era Presidente de la República Díaz Ordaz y el encargado de apoyarnos era José López Portillo, Subsecretario de la Presidencia, quien consiguió un millón de pesos para hacer el estudio del CONACYT. Participaron ochocientas gentes. En el curso del trabajo López Portillo intervenía, pero hubo dos o tres opiniones de él que fueron refutadas. Yo era vocal ejecutivo del INIC y encabezaba el grupo, con la ayuda del licenciado Francisco García Sancho, pero copresidía el que proporcionaba el financiamiento, López Portillo. Después de que alguien discrepó con él López Portillo me dijo: "Yo ya no me voy a parar aquí. No puede haber dos jefes". Le dije: "Bueno, es que no estamos discutiendo jerarquías, sino de lo que es conveniente". Pero efectivamente, ya nunca más volvió.

Para terminar, se elaboró el documento final y el proyecto de ley que revisó López Portillo, quien era un buen jurista. Y hubo un banquete en el restaurante San Angel Inn, al que invitamos a los jefes de comisiones y de comités, a los directores de los grupos de investigación más importantes que había entonces en México, más López Portillo. Una comida muy amena. Y dice López Portillo: "Veo que aquí hay langosta. Es del Pacífico, la mejor del mundo". Replicó Rosenblueth: "Yo soy experto en langostas, viví en Europa, viví en Estados Unidos en la Nueva Inglaterra, he estado en Oriente. La mejor langosta es la de la costa Este de Estados Unidos, la de Maine". "Pues yo no sé, doctor, pero yo digo que la me-

jor langosta del mundo es la de California". Y le dice Rosenblueth: "Yo no le reconozco a usted competencia para hablar de langostas". Si no se muere, quién sabe qué pasa.

Fue un personaje realmente excepcional. Cuando murió hubo un acto en su homenaje y me pidieron que dijera unas palabras. Yo conocí muy tarde en la vida a Arturo Rosenblueth. No tuve la fortuna de tratarlo antes de esa época, pero la intensidad del trato que ocurrió entonces me permitió atreverme a decir esas palabras con motivo de su fallecimiento. Y por cierto que para ello tomé algunas que él dedicó a Luis Enrique Erro. Porque además escribía y hablaba muy bien, con elegancia y precisión. Excelente expositor y escritor.

Realmente creo que fue una fortuna que él fuese el primer director del Centro. Definitivamente. En ese sentido fue muy penetrante el maestro Cerrillo; quizá se dio cuenta de que él no podía hacer eso. No se sintió con la suficiente autoridad, o con la dureza de carácter necesaria, más que otra cosa, pero supo detectar al individuo que podía realizar el proyecto.

El ambiente, dificultades, colaboradores

Rebeca Reynoso (RR). ¿Cuando usted tomó la dirección del Politécnico había alguna escuela de graduados en el Instituto?

EMD. No. Investigación en el Politécnico solamente había en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. También se daban cursos avanzados, pero no grados. No se acreditaban formalmente estudios por encima de la licenciatura.

RR. ¿Iba la Escuela de Graduados a otorgar grados en las diferentes áreas?

EMD. No en todas. Había escuelas que en ese momento no estaban consideradas en el plan de la Escuela de Graduados, como Comercio, Economía, Ingeniería Textil.

RLR. ¿Quiénes colaboraron con usted para realizar esta idea del Centro?

EMD. En la parte inicial un grupo de profesores de la ENCB y de la ESIME, que cuando vieron que iba a ser director Rosenblueth se molestaron. ¿Por qué no un politécnico?

Yo les explicaba: "No se enojen. Si fuera por eso yo me autonombraba. No es un desaire a ustedes. Es que tenemos que reconocer que Rosenblueth es un hombre de rango internacional". Decían: "Pero debe ser uno de nosotros, ¿por qué se trae una gente de fuera?". Les repliqué: "Pero los españoles que están aquí son de fuera también". Había muchos maestros españoles republicanos, como Bolívar, Bonet, Castañeda, Alvarez Buyla y otros, aparte de varios universitarios.

Y un día fueron a verme en masa. Entre ellos Guillermo Massieu, que trabajaba en la UNAM, en el Instituto de Investigaciones Médicas y Biológicas, y René Cravioto, calmado, el director de la Escuela. El más bravo era Guillermo Massieu. Decía: "¿Cómo va ser posible que se cree una cosa así en el Politécnico y no sea un politécnico el que la dirija? ¿Por qué no es Cerrillo?" Y yo le decía: "Pregúntale a él. No aceptó. ¿Por qué no ingresan ustedes allá como un grupo consolidado de investigadores? Creamos un vínculo de inmediato. La única Escuela que tiene buena organización para la investigación en el Politécnico es Ciencias Biológicas; incorpórense al Centro". Pero no quisieron. Y les dije: "Es curioso, ustedes presumen de que salen de aquí y se van a la Universidad o a Chapingo. Chucho Guzmán, Guillermo Massieu, Carranza Fraser, Barrera... varios que fueron a trabajar allá. Qué bueno, qué bueno que haya egresados del Politécnico que fortalecen a la Universidad y a otras instituciones. Eso habla muy bien de Ciencias Biológicas y les da mucho gusto. En cambio les da coraje que se vayan al Centro de Investigación, Ortega, García, Pablo Rudomín y Alvarez Buyla". Ortega, que estaba recién doctorado del MIT, fue el primer profesor contratado que hubo del Centro. Y lo criticaban porque se iba al Centro. "¿Bueno, a dónde quieren que se vayan? ¿A la Universidad o al extranjero? ¿Entonces sí aplauden?".

Profecía cumplida

La reunión terminó y le dije a Guillermo Massieu: "Mira Guillermo, tú, un día vas a ser director del Centro de Investigación".

RLR. Pero, ¿cómo sentía usted que iba a ser así?

EMD. Primero, por el calibre científico del propio Massieu. Segundo, porque ya se gestaba su reincorporación al Politécnico y yo sabía que iba a privar en él la conciencia de lo que se debe hacer, sobre nominalismos, emociones y caprichos; y que casi por gravedad llegaría al Centro.

Massieu fue luego director del Politécnico y entonces se reconcilió con el Centro y lo ayudaba mucho. Y se lo volví a decir. "¿Te acuerdas qué te dije ese día que estabas muy bravo?: tú vas a acabar siendo el director del Centro". Y luego un día él me dijo: "Tú lo profetizaste". Y fue un muy buen director del Centro.

¡Descentralice al Centro!

RR. ¿Fue pronto, cuando se gestó la idea del Centro, el momento que se decidió desincorporarlo del Politécnico?

EMD. Sí, sí fue pronto. Le voy a decir por qué. Era subsecretario de Egresos en Hacienda el señor Caamaño. Por años tuve mucho trato con él. Era un hombre muy inquisitivo y le gustaba indagar todo. Pero cuando se lograba convencerlo, ayudaba.

Con él había tratado la posibilidad de un tabulador específico para los profesores del Politécnico, y él me decía que eso no era posible porque sindicalmente ellos estaban incorporados a la Sección X del SNTE, que abarca a todas las escuelas posprimarias: las secundarias, la Escuela de Educación Física, la Escuela Normal de Maestros, el Conservatorio de Música, el Politécnico, etc. Ese es el mundo sindical de los profesores del Politécnico. Históricamente había habido una buena relación del Sindicato con las autoridades del Politécnico, porque por muchos años fueron politécnicos los dirigentes de la Sección X y aun del SNTE. Pero la posibilidad de un tabulador específico con salarios y condiciones de trabajo diferenciadas era nula.

La solución parcial fue crear las llamadas becas de docencia para estimular a algunos profesores, pero claro que eso no podía ser la solución de

largo plazo, pues su distribución era muy limitada y sus montos no contaban para fines de jubilación, entre otras cosas.

Llegó el momento de convenir que la Escuela de Graduados no podía funcionar así; si se va a exigir un alto nivel y rendimiento de los profesores investigadores, con mayor razón hay que pagarles un sueldo suficiente para que vivan decorosamente, máxime si se establece el tiempo completo y exclusivo. Recuerdo que el maestro Cerrillo nos relató alguna vez que llegó a proponer que el sueldo del Director de la ESIME debiera ser comparable con el del director del Banco de México, cosa que, desde luego, nunca se realizó.

Otro problema consistía en que las plazas de Director y Subdirector son de base, así que quien llega a ocupar por escalafón una de esas plazas, la tiene de por vida, aunque deje de desempeñar la función o aunque nunca la desempeñe.

A todo esto, don Enrique Caamaño veía con simpatía el establecimiento de una escuela de graduados o centro de investigación en el ámbito po-



Adolfo López Mateos, Arturo Rosenbluth, Manuel Moreno Torres y Jaime Torres Bodet, 5 de julio de 1963.

litécnico. En una reunión con él, le digo: "Oigame, ¿entonces qué sugiere usted que hagamos?"

"Solo que se descentralice; si usted lo crea como órgano descentralizado, no habría problema". "Pero queremos que se llame Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional". "Puede llamarlo como quiera, lo importante es su estatuto como órgano descentralizado".

Se vio también la situación de la UNAM y del Colegio de México. En aquella época no había sindicatos universitarios, y de alguna forma este hecho se relacionaba con el carácter descentralizado de esas instituciones.

En este punto debo aclarar que como profesor del Politécnico formé parte del sindicato, que respeto el sindicalismo y considero que históricamente ha sido un factor importante en la defensa y estabilidad de los trabajadores. Pero hay que cuidarse de los excesos y deformaciones que lo desvirtúan.

Conflictos, reacciones

RLR. ¿Cómo, siendo usted director del Politécnico, se las arregló dentro de su posición tan importante y tan notable para crear al Centro como organismo descentralizado?

EMD. Primero, porque era una cosa necesaria. Además, cuando se hizo el Centro mucha gente no se dio cuenta de lo que significaba que fuera descentralizado. ¿Cuántos iban a estar en el Centro inicialmente? ¿Cuarenta personas? Al sindicato no le interesó. Además, sólo abarcaría el ciclo de posgrado.

El conflicto fue de tipo académico, con la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Al grado que tuve que acceder a crear los cursos de graduados en Ciencias Biológicas y luego en otras escuelas.

Que el Centro haya crecido, se haya fortalecido, se haya sostenido en su lugar, es labor de los que están allí. Al principio el Centro se alimentó del prestigio de la gente que llegó a él: Rosenbluth, Adem, Samuel Gitler, García Ramos, Alva-

rez Buylia, Borrego, Ortega, García Hernández, Carlos Gitler, Ramírez de Arellano. Ellos crearon el prestigio del Centro. Después ya la gente formada en el Centro fue fortaleciendo e incrementando su prestigio. Como tiene que ser.

RLR. Claro que la reacción de otras instituciones también ha sido notable.

EMD. Pero han seguido la misma pauta. No se ha establecido una institución que funcione bien, que no sea descentralizada. O sea: lo que funciona tiene este modelo básico de la descentralización. Así están el CICESE, el INAOE, el CIO...

La institución naciente

RR. ¿Qué otros aspectos diría usted que fueron en ese momento innovadores?

EMD. Bueno, aparte de los salarios, la organización. Los requisitos de ingreso, las condiciones de permanencia en la planta de profesores y de promoción. Eso para mí fue fundamental, porque se hizo con mucho rigor, con mucha justicia, y permitió consolidar un grupo inicial de alto nivel que consiguió respeto para el Centro. La gente decía: "Ah caray, no están jugando".

Ahora varían las condiciones. Quizás algunas disposiciones sean inoperantes o inadecuadas. Pero ahí ya viene la inteligencia, el talento del organismo para ir evolucionando sin que la calidad decaiga. En este sentido, me refiero a una serie de limitantes que fueron objetadas desde un principio, como el tiempo completo y exclusivo. Ahora ya no se entiende la exclusividad a secas, que puede impedir el contacto con problemas prácticos de interés para el sector académico.

RR. ¿Por qué las áreas elegidas cuando arrancó el Centro? ¿Había un plan para ir desarrollando otras?

EMD. ¿Por qué esas? Porque es donde había gente. Donde había investigación en México. ¿En qué áreas? En ciencias biológicas y en matemáticas.

En física había muy poca investigación. Moshinsky, que empezaba a tomar vuelo, y la física

nuclear experimental, que estaba de moda. Pero no había todavía ningún desarrollo importante en materia de física. En cambio, las matemáticas y la astronomía estaban centradas en dos instituciones, la UNAM y Tonanzintla. Luego Haro creó el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Pero en astronomía hay una proporción de graduados bastante satisfactoria cada año, que van al extranjero. Se sostiene la actividad astronómica en México con esa renovación que hay de cuadros de alto nivel y la astronomía mexicana tiene un papel decoroso en el mundo.



La astronomía fue una especialidad que decidimos no establecer en el Centro, aunque se llegó a

El presidente Adolfo López Mateos firmando el libro de visitas del Centro, 5 de julio de 1963.

tener pláticas con Guido Munch, gran astrónomo, primer doctor en astronomía mexicano y a quien siendo el candidato lógico para dirigir el Instituto de Astronomía de la UNAM, le cerraron el paso, cosa que él resintió y por la cual decidió irse de México. Trabajó en el Instituto Max Planck en Alemania y recibió el Premio Príncipe de Asturias hace dos años, ni más ni menos; ahora está jubilado, vive en España y de vez en cuando viene a México. Es lamentable que su carrera científica la haya realizado en el extranjero, en Estados Unidos y en Alemania.

Otro caso fue el de don Alfredo Baños, mi profesor en la ESIME y fundador del Instituto de Física de la UNAM. Le atribuyeron el plagio de un libro elemental de física atómica, el de Semat, para unos apuntes de los cursos de invierno de la Facultad de Ciencias. Total, le armaron un escándalo y él, que era algo vanidoso, se ofendió y se fue a los Estados Unidos a la Universidad de Johns Hopkins, de donde pasó a la Universidad de California. En un sábado lo invitamos al Centro y aquí dio conferencias y escribió un libro.

RLR. Yo pienso que este es otro de los secretos del Centro: que no trató de hacer proyectos grandiosos para salvar a la patria, sino de establecer las condiciones para que la gente que tenía oficio

científico lo ejerciera y formara aprendices y maestros en su oficio.

Las instituciones no se improvisan

EMD. Claro. Vea usted. Para mí era fundamental desarrollar la ingeniería eléctrica. Me interesaba mucho. Pero no se podía inventar. Queríamos a Cerrillo en el Departamento. Como no aceptó, vino como jefe Borrego, recién doctorado, muy inteligente. Al rato se fue y el departamento tuvo una infancia y una pubertad muy penosa. Ahora es el departamento más grande del Centro y tiene gentes de muy buen nivel. Pero eso llevó 25 años. Y era una cosa que me interesaba mucho a mí en el Politécnico, como ingeniero en comunicaciones y electrónica.

Pero no se puede improvisar: "Vamos a hacer este departamento porque es muy importante tenerlo. Porque para el país es bueno". ¿Cómo hacerlo, si no tenemos recursos humanos, la base de todo? Se pueden comprar los equipos. ¿Y qué? ¿Con qué gente se aprovechan? Por eso el Centro empezó como empezó. Con lo que había.

¿Debe cambiar el Centro?

Otro asunto del que no hemos hablado se inició con una carta⁷ que me envió Manuel Ortega en el

año ochenta como director del Centro. Había una idea de reformar la Ley Orgánica del Politécnico y cambiar un poco las cosas del Centro. En ese momento yo no hice más que opinar. Finalmente creo que no pasó nada. Y aunque no haya pasado nada, la idea de cambiar al Centro puede estar latente por ahí. Como quiera que sea, es parte de la historia. Ortega vivió todo y quiso tener el punto de vista de alguien que participó en la gestación del Centro.

La carta de respuesta⁸ que le envié entonces a Ortega puede serles útil. Al final resumo mi argumentación diciendo que "...mi opinión en cuanto a la base jurídica, a los propósitos, al tipo de organización y a la regulación y reglamentación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional es esencialmente la que tuve desde el momento de su concepción, pero esto no se debe a que me sea difícil cambiar de ideas sino fundamentalmente a que la experiencia ha demostrado que sobre esas bases —y quizá sólo con ellas— es como debe funcionar esta institución".

Agradecimientos. Los autores agradecemos los buenos oficios del doctor Feliciano Sánchez Sinencio y de la señora Gloria Novoa de Vitagliano, sin los cuales esta cálida entrevista no hubiera sido posible. ❀

Referencias y notas

Se limitan a los documentos, enlistados en orden cronológico, que fueron entregados a los autores por el ingeniero Méndez Docurro.

1. Carta del doctor Manuel Cerrillo (investigador del Massachusetts Institute of Technology) al ingeniero Eugenio Méndez Docurro (director general del Instituto Politécnico Nacional). Calificada como confidencial por el autor; 15 cuartillas foliadas; mecanografiada a renglón cerrado; fechada y firmada por el autor en Cambridge 39, Mass., EE. UU., el 2 de octubre de 1959. Empieza refiriéndose "...a los asuntos que tenemos pendientes, y en especial a su carta del 4 de agosto próximo pasado en la cual usted hace mención a: 1) La organización de la Escuela de Graduados del Instituto Politécnico Nacional. 2) Su deseo de conseguir artículos técnicos y científicos para la Revista *Acta Politécnica Mexicana*". El texto detalla las ideas del doctor Cerrillo sobre la organización de la Escuela de Graduados del Instituto Politécnico Nacional.
2. Méndez, Eugenio. Los objetivos y la organización de la investigación científica y tecnológica en México. *Acta Politécnica Mexicana* III: 497-501, 1962.



Mario Highland Gómez, Eugenio Méndez Docurro, Gastón Blanc y Carmina Orihuela de Blanc (1967).

3. Cerrillo, M. y Méndez, E. Sobre algunas conexiones estructurales entre el efecto de las tecnologías y el desarrollo nacional. Primera parte. *Acta Politécnica Mexicana* VIII: 155-163, 1967.
4. Cerrillo Valdivia, Manuel y Coen Anitúa, Arrigo. Reflexiones sobre algunas conexiones estructurales entre el efecto de las tecnologías y el desarrollo nacional. Segunda parte. *Acta Politécnica Mexicana* XI: 15-54, 1970.
5. Curriculum vitae del doctor Manuel Cerrillo Valdivia. Recopilado y presentado por el ingeniero Eugenio Méndez. Documento del Instituto Nacional de la Comunicación. México, 1969.
6. Méndez, Eugenio. Investigación científica y desarrollo. *Acta Politécnica Mexicana* XI: 55-66, 1970.
7. Carta del doctor Manuel V. Ortega (director del CINVESTAV) al ingeniero Eugenio Méndez Docurro. Consta de dos cuartillas mecanografiadas a renglón cerrado; fechada en México, D.F. el 16 de junio de 1980. Concluye con la siguiente solicitud: "Para todos nosotros (y para mí en especial) es perfectamente conocido el papel central y fundamental que tuvo usted, como Director General del Instituto Politécnico Nacional, en la creación del Centro. Muy pocas personas tienen el conocimiento directo sobre los motivos y mecanismos seguidos que motivaron y condujeron a la creación del Centro como lo tiene usted. Por ello es que me permito solicitarle de la manera más atenta, se sirva usted presentarme sus opiniones sobre las funciones y objetivos específicos del Centro y del Instituto, así como las interdependencias jurídicas que, en su criterio, deben de tener para cumplir adecuadamente las funciones que cada uno de ellos tiene encomendadas".
8. Carta de respuesta del ingeniero Eugenio Méndez Docurro al doctor Manuel Ortega (director del CINVESTAV). Abarca siete cuartillas mecanografiadas a renglón cerrado; 20 párrafos; fechada en México, D.F. el 18 de julio de 1980. Se refiere a los objetivos y a la estructura del Centro y a su vinculación con el Instituto Politécnico Nacional.

*Perspectivas de la investigación en biología experimental y biomedicina***Presentación****Rubén López Revilla**

Los departamentos del "Área Biológica" del CINVESTAV, dedicados a la biología experimental y la biomedicina, constituyen un amplio sector de nuestra comunidad. Era por tanto obligado contar con su testimonio en la conmemoración de los primeros treinta años de vida del Centro. Dada la escasez de contribuciones habituales de los miembros del Área Biológica a los números ordinarios de *Avance y Perspectiva*, nos ha sorprendido gratamente la entusiasta respuesta a la convocatoria que les hicimos para participar en este número especial.

Rubén López Revilla (médico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y doctor en genética del CINVESTAV), profesor titular del Departamento de Biología Celular y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*, es el coordinador de esta serie.

Para apreciar la diversidad y riqueza de estas contribuciones, que analizan los logros y tratan de escudriñar el futuro en los campos que cultivan cada uno de los autores, conviene dar una ojeada retrospectiva a los departamentos del Área Biológica, especialmente en la Unidad Zacatenco.

Los departamentos pioneros que iniciaron los trabajos académicos del centro fueron seis: Bioquímica, Física, Fisiología, Ingeniería Eléctrica, Matemáticas y Química. Arturo Rosenblueth, director fundador y notable fisiólogo, fue también el primer jefe del departamento de Fisiología. Una tercera parte de los departamentos iniciales formaron pues lo que luego se ha dado en llamar el Área Biológica y el director fundador era el miembro más prominente de este grupo.

El predominio numérico inicial de estos departamentos obedeció quizás a que en la época de la fundación del Centro —principio de los años sesenta— había más tradición de investigación en biomedicina que en otras áreas.¹

Los departamentos del Área Biológica del Cinvestav se han caracterizado por una notable capacidad reproductiva. Esta se debe en primer lugar a la preparación y dedicación de los profesores y en segundo lugar al ambiente de libertad académica y a la eficacia de los programas de posgrado. Dicha capacidad constituye —como en los organismos vivos— una prueba de madurez y deriva de la seriedad y la calidad que impuso y exigió don Arturo Rosenblueth, nuestro director fundador, a las actividades de investigación y a los posgrados en biología experimental. Por ello los departamentos del Área Biológica han contribuido, como los de otras áreas del Cinvestav, en una proporción mucho mayor que los de instituciones de mayor tamaño a la formación de investigadores de calidad que, diseminados en las instituciones de educación superior y de investigación, están transformando al país. Basta hojear cualquier número reciente de *Avance y Perspectiva* en la sección correspondiente para confirmar esta aseveración.

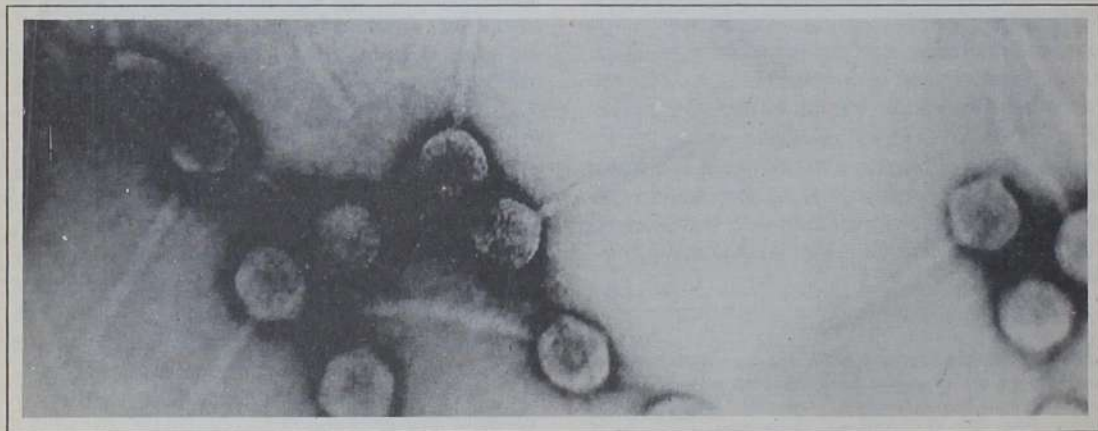
El Área Biológica tiene actualmente seis departamentos en la Unidad Zacatenco: el de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, el de Bioquímica, el de Biología Celular, el de Genética y Biología Molecular, el de Farmacología y Toxicología, y el de

Patología Experimental. En las unidades del Cinvestav de los estados también hay grupos dedicados a la biología experimental: los de la Unidad Irapuato, orientados hacia la biología vegetal,² y los de la Unidad Mérida, dedicados a la biología y los recursos del mar (cf. referencia 3). Los lectores interesados en mayores detalles pueden consultar un análisis reciente del Área Biológica.⁴

El departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias —originalmente de Fisiología— es el de mayor tamaño. Cultiva principalmente la neurofisiología, la neuroquímica y los fenómenos relacionados con las membranas celulares. La sección de Neurociencias del departamento de Bioquímica constituyó primero un departamento que luego se fusionó al ya para entonces llamado de Fisiología y Biofísica.

El departamento de Bioquímica cultiva la bioenergética, la enzimología y las membranas biológicas y ha dado origen a los departamentos de Genética, de Biología Celular y de Neurociencias.

El departamento de Genética y Biología Celular, creado en 1969 casi como una extensión del departamento de Bioquímica, se consolidó rápidamente y se dividió en 1972 para dar lugar a los departamentos de Biología Celular y de Genética. A los pocos años, éste último amplió su nombre para abarcar la Biología Molecular que cultivó desde el principio. El departamento de Biología Celular cultiva principalmente la carcinogénesis



química, la parasitología molecular, la inmunología y la diferenciación celular. El departamento de Genética y Biología Molecular estudia principalmente la expresión genética en virus, bacterias, células animales y parásitos.

El departamento de Farmacología y Toxicología, creado en 1971, cuenta actualmente con tres secciones: Farmacología, Terapéutica Experimental y Toxicología Ambiental. La primera y la tercera se localizan en Zacatenco, en tanto que la segunda está ubicada en la Unidad Tlalpan, en el sur del Distrito Federal. Se dedica al desarrollo de fármacos, al análisis de la relación estructura-actividad y a la toxicología en los niveles molecular, celular y ambiental.

Patología Experimental, el departamento más reciente, apenas dejó de ser una sección del departamento de Biología Celular. Está orientado principalmente a la investigación básica en parasitología e infectología, especialmente mediante el empleo de la microscopía electrónica.

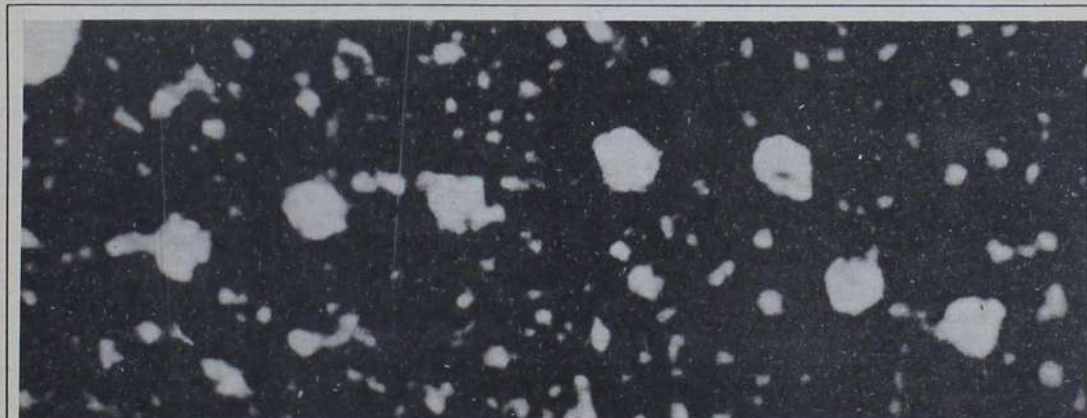
El desarrollo y maduración de los departamentos del Área Biológica no ha sido lineal ni exento de dificultades y problemas. Sin embargo, la ya considerable experiencia institucional parece indicar que no hay atajos: el proceso de formación de departamentos más eficiente parece haber ocurrido en los que han surgido orgánicamente, a partir de unidades (llamadas secciones) formadas por profesores con experiencia posdoctoral en grupos extranjeros de excelencia. Estas secciones, pro-

puestas y encabezadas por profesores con intereses diferenciados del grupo original, han recibido tanto el apoyo institucional como el de sus propios departamentos de origen para poder consolidarse, y dentro de los mismos departamentos han funcionado adecuadamente a lo largo de cinco o más años. Al ser creadas, las secciones adquieren autonomía administrativa, comparten las actividades académicas y siguen participando en el programa de posgrado del departamento. Una vez ampliadas y consolidadas suficientemente, las secciones se transfieren —con profesores, estudiantes y personal de apoyo— a nuevos espacios con instalaciones apropiadas, en donde continúan trabajando e inician sus propios programas de posgrado.

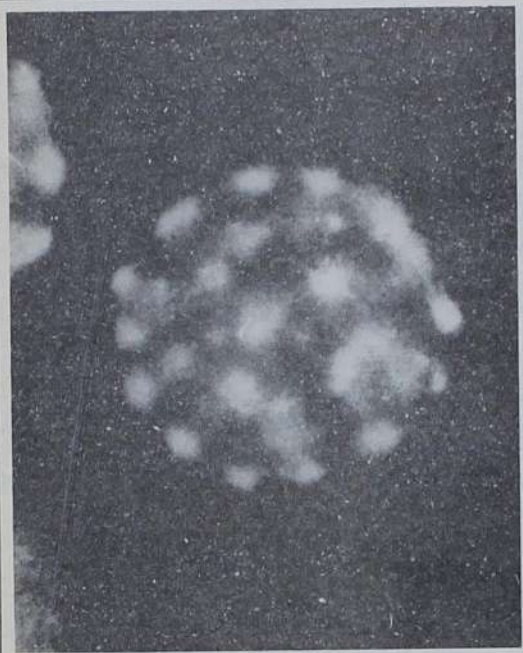
Esperamos que con este bosquejo los artículos que siguen ilustrarán para nuestros lectores no sólo los puntos de vista de los autores, sino también la pasión y compromiso de la comunidad que ellos representan. ❁

Referencias

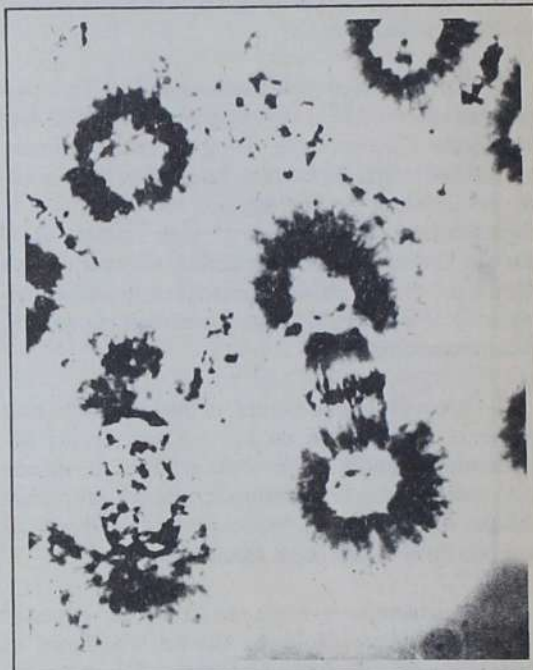
1. López Revilla, R. y Reynoso, R., La génesis del CINVESTAV: entrevista con el ingeniero Eugenio Méndez Docurro. *Avance y Perspectiva* 10: 285-298, 1991.
2. Alvarez Morales, A., Investigación en biotecnología agrícola en Guanajuato. *Avance y Perspectiva* 9: 295-296, 1990.
3. Murguía R.E., Correa J., Batllori E., Boege E. y de la Cruz, G. Estudio interdisciplinario de la Ría de Lagartos. *Avance y Perspectiva* 8: 13-24, 1989.
4. Ramón F. y Aréchiga, H. Investigación y docencia en el Área Biológica del CINVESTAV. *Avance y Perspectiva* 9: 147-164, 1990.



El desarrollo de la biología celular en México



Múltiples ásteres inducidos en un huevo de erizo de mar.



Primeros aparatos mitóticos aislados en un laboratorio por D. Mazia y K. Dan.

Isaura Meza

El interés en la célula, unidad básica de la materia viva, es joven en nuestro medio científico. En los años 50, el Instituto de Biología de la UNAM y otros institutos como el de Cardiología, contaban ya con grupos de investigación en citología e histología. Sin embargo, y a pesar de las muchas contribuciones importantes de estos grupos, particularmente en el área de histología, no hubo un enfoque experimental que hiciera despegar a estas disciplinas

de tipo más bien descriptivo, convirtiéndolas en lo que en esos años nacía como la biología celular moderna en laboratorios de investigación en los Estados Unidos y en Europa. Tal vez por esta razón, la biología celular en México tiene un vacío de representantes como Palade, de Duve, Porter, Mazia y Sabatini, por citar algunos, cuyos diseños experimentales permitieron no sólo visualizar con microscopios de diversos tipos los componentes estructurales de las células, sino también manipularlos, aislarlos y correlacionar su estructura con su función. Este tipo de experimentación con células abrió las puertas a los bioquímicos para la identificación de las moléculas con las que se construyen estructuras y maquinarias celulares y condujo en pocos años a la caracterización de los genes que

La Dra. Isaura Meza es profesora titular y jefa del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV. Es bióloga de la UNAM y doctora en zoología de la Universidad de California en Berkeley, EUA. Su campo de investigación es la organización del citoesqueleto y su relación con estructuras especializadas de la membrana celular.

codifican la información para que estas estructuras se fabriquen, se organicen y funcionen.

Fue en los años 60 que tanto a la UNAM como al recientemente inaugurado CINVESTAV llegaron investigadores formados en el extranjero y que, utilizando diferentes enfoques, realmente iniciaron los primeros grupos de biología celular. En 1969 se integró el departamento de investigación en Biología Celular en el CINVESTAV, el cual ofrece desde entonces un posgrado en esta disciplina y de donde se han graduado ya 106 maestros y doctores en ciencias. Este programa cuenta con personal docente de tiempo completo que realiza investigaciones sobre la naturaleza molecular de procesos celulares como motilidad, diferenciación, invasividad y patogenia, comunicación intercelular y respuestas del sistema inmunológico. Se ha dado importancia particular a la investigación con células en cultivo y al estudio de los factores que se requieren para su crecimiento y diferenciación. A partir de estos estudios, y de metodologías que se desarrollaron para llevarlos a cabo, se ha podido poner en práctica un desarrollo biotecnológico de gran trascendencia en el área de salud a nivel mundial, esto es, la producción de epidermis cultivada que se realiza en la Unidad de Tecnología en Epidermis de este departamento.

La biología celular hoy

Citaré algunos de los campos frontera en investigación, como ejemplos en los cuales el conocimiento básico de la biología celular ha contribuido en forma importante no sólo al desarrollo de la biología, sino también al de la biomedicina, la agricultura y la preservación del medio ambiente: Transformación neoplásica y tumorigénesis, enfermedades autoinmunes y por inmunosupresión, mecanismos de invasión de agentes infecciosos y organismos patógenos, transgénesis y su utilización con fines terapéuticos y de producción agrícola y pecuaria.

La biología celular que ha hecho posible estos avances se forjó sobre la premisa de que el entendimiento de las actividades celulares sólo podría obtenerse con un enfoque integrado de lo que es la estructura celular, sus bases a nivel bio-

químico y molecular, y el control que sobre todo esto ejerce el material genético. Ni la morfología por sí sola ni ninguna de las otras disciplinas clásicas que estudian aspectos de las células en forma aislada podría haber dado respuestas precisas. La integración de enfoques —y metodologías tomadas de todas ellas— fue, y sigue siendo, la base para la formación de especialistas que puedan abordar y entender integralmente los fenómenos celulares en condiciones normales, y de ahí extrapolar el conocimiento a condiciones patológicas y al campo de la biomedicina y de la biotecnología.

La biología celular, por sus características de disciplina sincrética, está tal vez en su momento más fuerte y dinámico. En una presentación hecha por el Dr. George Palade —biólogo celular distinguido con el premio Nobel en 1972 y de la cual me permito citar algunas frases con su consentimiento— se refiere a "...los últimos treinta años de investigación en biología como el capítulo más espectacular en lo que ha sido un viaje por *terrae incognitae*, en donde los monstruos míticos que las poblaban al inicio se convirtieron a lo largo del viaje en realidades concretas, esto es: moléculas, metodologías y diseños avanzados con los que podremos continuar la magnífica aventura de comprender la organización biológica, una contribución fundamental al patrimonio intelectual de nuestra civilización, o más poéticamente expresado, el cultivo de una *flor dorada* en la historia de la creatividad humana". Palade afirma que los avances anteriores sólo marcan el inicio de una nueva etapa en el viaje y que los descubrimientos más importantes están todavía por hacerse. Los biólogos celulares tienen a la mano grandes oportunidades para participar en la aventura.

¿Cuál es el futuro?

Citando de nuevo a Palade podríamos estar de acuerdo con él en que "el futuro parece incierto para la investigación científica porque las condiciones para hacerla han cambiado rápidamente". En México hemos tenido casi diez años de problemas económicos severos con la consecuente inseguridad en el apoyo oficial destinado a la investigación científica básica que, aunada al gran desarrollo metodológico de las ciencias experimentales y de

la biología celular, nos ha creado grandes dificultades para avanzar y competir. Hemos sufrido además una interpretación rígida de lo que deben ser los problemas de investigación "prioritaria", en opinión de los directivos del CONACYT y de otras instituciones que financian a la investigación, tanto privadas como estatales, por lo que se han desviado fondos a otras áreas consideradas como "significativas", mientras que en el resto del mundo la biología celular ha estado haciendo explosión. Más grave aún, hemos perdido el atractivo que hace años tenía el quehacer científico entre jóvenes brillantes y sobre todo con mentalidad crítica. Hemos sufrido también la fuga de investigadores experimentados a otros países y a otras actividades mejor remuneradas. La recuperación será sin duda lenta y penosa.

Sin embargo, en estos mismos años se han podido consolidar en México líneas de investigación en biología celular. Hay en varias instituciones grupos de trabajo que compiten en la vanguardia mundial. Una gran mayoría de los biólogos celulares en México forma parte de los niveles II y III del SNI, y sus trabajos son citados internacionalmente. Varios egresados del Departamento de Biología Celular del Cinvestav son investigadores independientes reconocidos en su campo. Esto muestra que el apoyo sostenido a la calidad académica fructifica, y que exigir resultados aplicables a corto plazo y productivos en el sentido en que los aprecia la industria no siempre es posible, ni representan la mejor inversión.

La biología celular, como ciencia experimental, tiene un gran futuro no sólo porque genera conocimiento sobre las actividades celulares, sino también por lo que éstas significan para el bienestar de los seres vivos, el hombre en particular.

Finalmente, me gustaría señalar las perspectivas de la biología celular en relación a la investigación en biomedicina, ya que de eso se trata el presente número de *Avance y Perspectiva*. Hay cosas tan interesantes e importantes que descubrir en este aspecto, como cuáles son las moléculas que les confieren características patógenas a células cancerosas y células invasoras. De este conocimiento se podrá pasar al diseño de drogas específicas y obtención de anticuerpos que puedan

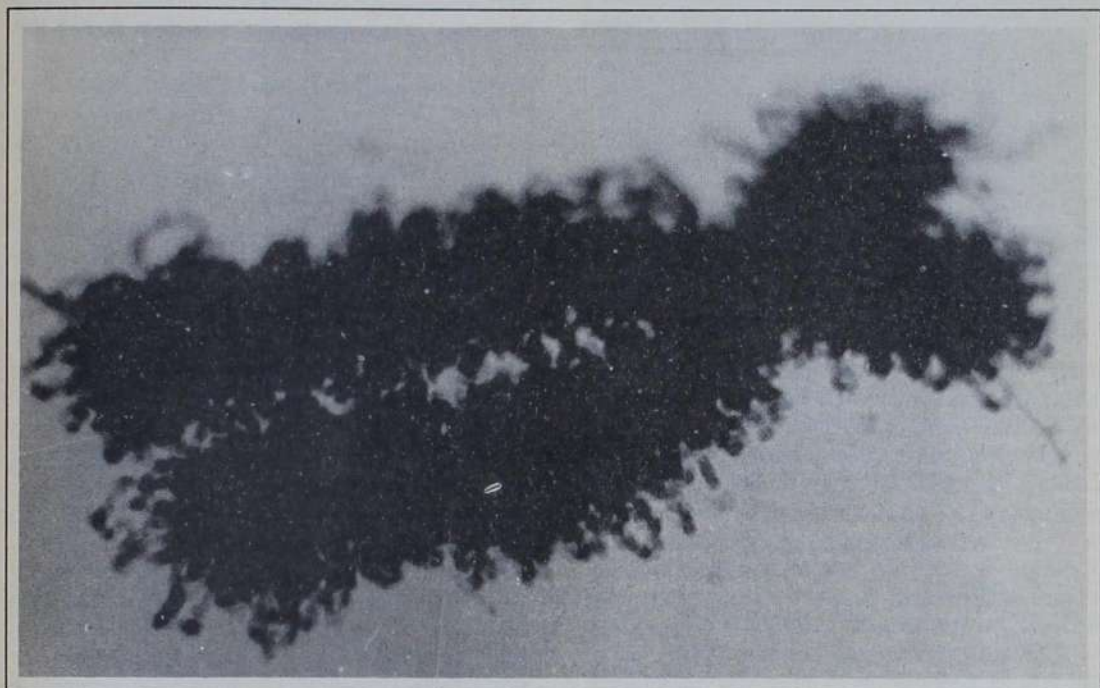
dirigirse contra estas células y destruirlas. Está también en puerta la fabricación de moléculas sintéticas que tienen secuencias específicas, ya sea de nucleótidos o de aminoácidos, que pueden actuar como proyectiles moleculares que, dirigidos a su blanco, detienen su funcionamiento. Por ejemplo, se podría impedir que una célula se multiplique y forme un tumor, que los virus o las bacterias se repliquen e infecten a otras células importantes para el organismo, como es el caso particular del SIDA.

Queda también por establecer las bases moleculares del funcionamiento de las neuronas, hacer la caracterización de proteínas que sirven como canales de iones en las membranas celulares y cuyo bloqueo específico permitirá entender y tratar enfermedades nerviosas y renales. El cultivo de células epiteliales ya constituye un sistema modelo para regenerar epidermis y córneas para la reparación de tejidos dañados, y en el futuro seguramente podrán diferenciarse o ser transformadas para producir sustancias como la hormona de crecimiento o la insulina. Estas células reimplantadas en un organismo defectuoso podrán compensar la falta de producción de estas moléculas, ayudando al funcionamiento normal de un individuo.

Los biólogos celulares creativos tendrán en sus manos múltiples posibilidades para estudiar y descifrar cómo se determina la secreción de reguladores importantes como proteasas, interferón y otros factores de protección y de crecimiento del organismo, entender cómo se regula la división celular, cómo migran las células metastásicas y las embrionarias para formar un tumor o un embrión normal. Podrán, si lo desean, adentrarse en lo que es tal vez la última frontera de ese viaje maravilloso por *terrae incognitae*, que es conocer cómo las interacciones de las células nerviosas resultan en pensamiento, arte y música o, desafortunadamente, en políticas científicas que tal vez impidan nuestro enriquecimiento con flores doradas.



Perspectivas de la biología molecular



Gabriel Guarneros

En el transcurso de unos pocos años la biología molecular ha revolucionado las estrategias de investigación en biología, los enfoques biotecnológicos y las fronteras de la medicina. La investigación mexicana no ha sido ajena a este esfuerzo. A continuación presento mi punto de vista sobre el desarrollo de la biología molecular en México. Trato primero aspectos selectos del estado actual de la disciplina en el país para pasar a analizarlos y ponerlos en perspectiva con lo que creo serán algunas tendencias a corto y mediano plazos.

El Dr. Gabriel Guarneros es profesor titular del Departamento de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV. Obtuvo su doctorado en biología molecular en la Universidad de California en Berkeley. Su área de investigación es la regulación genética en las interacciones virus-bacteria.

Qué es la biología molecular

El concepto de biología molecular (BM) ha evolucionado desde su aceptación en el Panteón de las ciencias a principios de los años 60 hasta el presente. En sus inicios hubo tantas definiciones como investigadores en esta área. Se cuenta que Francis Crick, el célebre premio Nobel inglés, se presentaba como biólogo molecular porque estaba cansado de explicar que era a la vez cristalógrafo, bioquímico, biofísico y genetista.¹ Esta anécdota ilustra el origen interdisciplinario de la BM. Las definiciones modernas coinciden en sus lineamientos generales del estudio de los procesos biológicos desde las perspectivas de la estructura (físicoquímica) e información (genética) de las entidades macromoleculares que participan en ellos.



La vida de la BM ha sido vertiginosa y prolífica. En un lapso de menos de 25 años, desde la propuesta de la estructura del ácido desoxirribonucleico en 1953 hasta 1975, había pasado, a decir de algunos autores, por las etapas romántica, dogmática y académica.¹ A éstas deben agregarse otras etapas recientes, por lo menos una sistemática y otra tecnológica, que corresponderían a las tendencias actuales del estudio horizontal en organismos de diferentes grupos taxonómicos y de la aplicación a problemas médicos e industriales. Aunque la BM ha estado siempre ligada íntimamente a la genética, es posible que desaparezca como tal, asimilándose a las ramas clásicas de la biología como la botánica, la biología del desarrollo o la fisiología, pero la investigación en estas ramas jamás volverá a ser la misma.

Quiénes son los biólogos moleculares

Cualquier definición es de poca utilidad cuando se trata de catalogar a los grupos de investigación e instituciones que desarrollan la BM en México. Sin embargo, en la práctica, los biólogos moleculares se reconocen por la metodología que usan en su investigación. En ella se incluyen desde manipulaciones genéticas con aislamiento de ácidos nucleicos, modificación *in vitro* y posterior expresión *in vivo*, pasando por el estudio de los ácidos ribonucleicos y de las proteínas resultantes de esas manipulaciones, hasta el análisis asistido por computadora de los datos anteriores almacenados en

bancos internacionales de datos. Las relaciones de los biólogos moleculares están definidas en parte por las características particulares del origen y desarrollo de la BM en el país. La influencia de la cristalografía y de la fisicoquímica sobre la BM en México es casi nula, en tanto que el aporte de la bioquímica y de la genética ha sido importante.

Cuántos, dónde

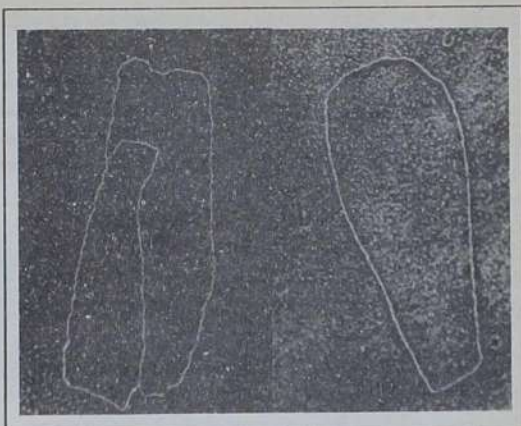
La tarea de hacer un recuento de los biólogos moleculares presenta pues la complicación de que las fronteras de la BM con las de otras disciplinas o son muy tenues, o muy fluidas, o definitivamente inexistentes. Esto se debe a que la BM atrae fuertemente a investigadores de diferentes áreas por el enorme poder y relativa facilidad de su metodología. La incursión parcial o total, temporal o permanente, de diversos especialistas a la BM, es creciente. Cada vez más oímos de casos de neurofisiólogos que aíslan y expresan genes que dirigen la síntesis de proteínas que permiten el paso de diferentes cationes a través de las membranas de células nerviosas, o el de bioquímicos que emprenden la secuenciación nucleotídica del DNA del gen de la proteína en la que estudian problemas de bioenergética. Es difícil decir cuándo un biólogo es *molecular*, pero arbitrariamente podríamos decidir que lo es cuando en la mayor parte de su actividad de investigación utiliza las técnicas propias de la BM. Así, el recuento indiscriminado de los investigadores que laboran en los diferentes departamentos de biología molecular sería una mala táctica para levantar un censo de biólogos moleculares en el país.

Una forma de obtener cifras confiables del número de investigadores productivos en el país, si bien con algunas limitaciones, es utilizando los datos recabados por el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En un trabajo reciente se cita que hasta antes de 1987 había 815 investigadores en Biología y en Medicina en los cuatro niveles del SNI.² De éstos, 53 estaban catalogados como genetistas o genetistas moleculares (sin incluir a los genetistas médicos). Si suponemos que no todos los genetistas son *moleculares* y que algunos de los 24 biólogos celulares, 118 bioquímicos y 35 microbiólogos incluidos en este censo se dedican a la BM,

un estimado generoso del número de biólogos moleculares en el país sería de alrededor de 100. Esta cifra no incluye un cierto número de investigadores, estudiantes, técnicos y otro tipo de personal que no califica para el SNI.

Según el estudio citado, el 80% de los investigadores en Biología y Medicina del SNI están localizados en la Ciudad de México y el resto en provincia. Una conclusión sorprendente de los datos que cito a continuación, obtenidos de investigadores de las propias instituciones, es que esta proporción está invertida para los biólogos moleculares. Esto se debe seguramente a la reciente creación de importantes centros por parte de la UNAM y de la Secretaría de Salud en Cuernavaca, y del CINVESTAV en Irapuato. El Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno (CIFN), inaugurado en 1981, cuenta con unos 12 biólogos moleculares. El Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB) creado en Cuernavaca en 1984, actualmente tiene una adscripción de unos 20 investigadores que trabajan en proyectos de BM. A estos deben agregarse el grupo naciente, con unos cinco biólogos moleculares, del Centro de Investigaciones sobre Enfermedades Infecciosas (CISEI) en Cuernavaca que inició sus actividades de investigación en 1989. (En efecto, el conglomerado más importante de investigadores en BM está en Cuernavaca). En la Unidad Irapuato del CINVESTAV, fundada en 1981, laboran 8 biólogos moleculares. En el CINVESTAV en la Ciudad de México existen unos 10 investigadores dedicados a la BM (la mayoría de ellos en el Departamento de Biología Molecular), y en el Instituto de Investigaciones Biomédicas en Ciudad Universitaria existe un grupo de unos 7 biólogos moleculares.

Así, entre las instituciones que contienen a los grupos más numerosos de investigación en BM suman unos 62 especialistas miembros del SNI. Cerca del 80% de ellos están ubicados fuera de la Ciudad de México, si bien en ciudades cercanas. Este recuento somero omite instituciones con menos de 5 biólogos moleculares; éstas se localizan principalmente en las ciudades de México, Monterrey, Guanajuato y Guadalajara. Es claro que las instituciones con grupos de BM que han crecido más en personal y en espacio son las más jóvenes, que



además están fuera de la capital. Esto se explica por la afluencia económica de que suelen gozar las instituciones recién creadas y, en este caso, por el atractivo de vivir alejado del hacinamiento y la contaminación de la capital.

Qué, cómo

El desarrollo de la BM en México ha sido un reflejo pálido del crecimiento explosivo que se dio en los países desarrollados, especialmente en los Estados Unidos. Esto sin duda se debe, en parte, a la crisis económica por la que atravesó el país en la década de los 80. Aún así, como ya vimos, la fundación de tres de los centros más importantes en BM se dió precisamente en los años 80. Una modalidad en esa generación de Centros fue la aplicación de la BM, por lo menos en parte, a problemas biotecnológicos. La Unidad Irapuato del CINVESTAV se dedica al estudio de temas de biotecnología agrícola; el CIIGB desarrolla programas de biotecnología industrial y en salud. La otra modalidad de estos Centros fue la concentración de los esfuerzos de varios grupos o laboratorios en una área restringida de la biología. Notablemente el CIFN en Cuernavaca ha dedicado la casi totalidad de sus esfuerzos al estudio de los aspectos básicos de la fijación biológica de nitrógeno. En el CINVESTAV-Irapuato un grupo importante de investigadores se ha concentrado en la BM del mejoramiento de plantas de interés agrícola. En ambos casos se ha tratado de aplicar una estrategia de integración de un macro-grupo con múltiples investigadores dirigidos por uno o varios investigadores líderes. En

general los grupos de BM previos a la década de los 80, y algunos de los nuevos centros, se integraron más como un *collage* de investigadores con especialidades diversas que como el resultado de un esfuerzo planeado. Sin embargo, algunos de esos grupos han reorientado sus proyectos para coligarse en un tema. Tal es el caso de grupos en el CINVESTAV-Zacatenco, entre los cuales se cuentan biólogos moleculares, que han coincidido en el estudio de la BM de parásitos unicelulares. La estrategia del esfuerzo concentrado puede tener gran éxito en la calidad y en la trascendencia internacional de la investigación producida como en el caso del CIFN.³

Crecimiento, reproducción y declinación de las instituciones

El número relativo de biólogos moleculares en el país es muy pequeño. La frecuencia de estos investigadores en la población es cercana al uno por millón; es decir, del orden con la que surgen los eventos tan raros como las mutaciones en los seres vivos. Esta circunstancia tiene consecuencias importantes en la sociología de las instituciones de BM en México. Una de ellas es que el nacimiento de un centro a menudo significa la mengua de otro. El Departamento de Genética y Biología Mo-

lecular del CINVESTAV nació de la división binaria del desaparecido Departamento de Genética y Biología Celular, y éste a su vez se originó de la gemación del Departamento de Bioquímica. Los Centros de la UNAM en Cuernavaca, aludidos anteriormente, se iniciaron como trasplantes del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Recientemente un grupo de unos 10 biólogos moleculares del CIFN, especialistas en nodulación de leguminosas, se ha injertado en el CIIGB. Otros Centros han tenido un origen más heterogéneo. El Departamento de Ingeniería Genética en Irapuato está integrado por una planta de 12 profesores en su mayoría doctorados en instituciones extranjeras. Otra consecuencia curiosa de la escasez de biólogos moleculares es que la endogamia es relativamente común. Es decir, la situación en la que los estudiantes entrenados en una institución eventualmente se incorporan a la misma como profesores. Si esta circunstancia tiene algún efecto sobre la productividad y calidad de la investigación, tendrá que ser establecido por un estudio *ad hoc*. Los Departamentos de BM más antiguos de nuestra muestra, los del CINVESTAV-Zacatenco y del IBM-UNAM, no han crecido significativamente en los últimos años. Esto se explica, en parte, por el atractivo que ofrecen a los egresados los centros cercanos a la capital. Pero, por otra parte, las instituciones en la capital no han podido desarrollar una estrategia competitiva para captar a nuevos investigadores. La BM, como toda actividad de investigación, requiere de la interacción creativa que sólo se da entre colegas. Si no se restituye la calidad en la planta de investigadores de las instituciones que han saturado su capacidad de crecimiento, los pocos investigadores restantes tenderán a buscar posiciones en centros donde puedan subsanar esta carencia. Insisto en que es necesario implementar políticas de captación de investigadores de alta calidad para mantener la BM en estas instituciones.

La calidad y los puntos

Desde hace algunos años los investigadores de diferentes áreas hemos sido evaluados de acuerdo a nuestra productividad académica. El CINVESTAV y la UNAM iniciaron esta política para categorizar y retribuir a sus investigadores, práctica que luego

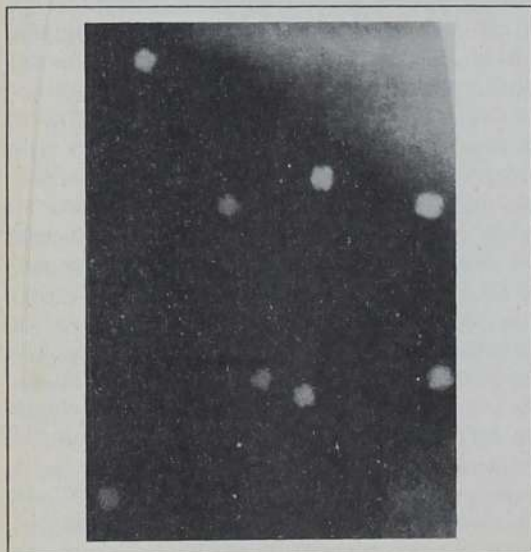




Foto 1

¿Y después del eclipse?

José de la Herrán

De los espectáculos que nos brinda la naturaleza, un eclipse total del Sol, como el que ésta nos regaló el pasado 11 de julio, es sin duda de los más impresionantes y bellos; no en balde lo hemos llamado "El eclipse del siglo para México".

Sin embargo, después de ocurrido, observado y fotografiado, descubrimos que sabemos relativamente poco sobre nuestra estrella más cercana; que para las preguntas de quienes nos rodean tenemos solamente algunas respuestas y que de nosotros mismos surgen otras preguntas que deseamos responder.

El Ing. José de la Herrán es investigador del Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia de la UNAM. En la actualidad coordina el diseño y construcción de equipamientos para el proyecto del Museo y Centro de Ciencia de la UNAM. Las fotos que acompañan al texto corresponden al eclipse del 11/07/91, y fueron tomadas en Tehuacán, Pue., por el Dr. René Asomoza, profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, con un telescopio MEADE 2120, diám. 10", f/6.3, película EKTAR 125 y un telefoto de 135 mm.

Generales

El Sol, visto desde la Tierra, tiene un diámetro aparente promedio de 30 minutos de arco. Su diámetro real es de 1,392,000 km, dato que se precisa aún más con la ocurrencia de un eclipse total, gracias al perfeccionamiento progresivo de nuestros instrumentos. Está compuesto de un núcleo de hidrógeno y helio, de 0.2 del diámetro total, en el que se genera casi toda su energía por fusión nuclear y la cual se halla a unos 20 millones de grados Kelvin y a una presión de más de 200 mil atmósferas. La densidad en el centro del Sol es del orden de 140 g/cm^3 .

Al núcleo sigue una gruesa capa donde la densidad y la temperatura disminuyen hacia la superficie y en la que la energía se transporta por convección. Su límite superior es la fotosfera, capa de unos 400 km de espesor y cuya temperatura disminuye de 8500 K a 4200 K; la temperatura que observamos desde la Tierra (5785 K) es la temperatura promedio de la fotosfera.

La cromósfera, de color rojizo y de unos 16 mil km de espesor, cubre la fotosfera y tiene como



Foto 2

envoltura la corona interna, a la que sigue la corona externa. Ambas capas gaseosas de tono blanco-plateado, de mínima densidad, constituyen la atmósfera solar; esta segunda corona se extiende hasta varios radios solares.

La energía y la magnitud solares

La cantidad de energía solar que incide por unidad de área en la Tierra es la constante solar y tiene un valor de 1.41×10^6 ergs/seg/cm². De aquí podemos obtener el valor total de la energía que radía el Sol: 4×10^{23} ergs/seg. La magnitud visual del Sol es -26.9; la magnitud fotográfica vale -26.1 y su magnitud absoluta +4.7 y, si se le observa a 10 parsec de distancia (30.26 años luz), corresponde al brillo que tiene el Sol.

Composición

Si observamos las rayas de absorción de Fraunhofer, que son unas 26000, identificaremos unos 64 elementos de los que conocemos en la Tierra; se piensa que todos los elementos conocidos se hallan en el Sol y que, además de rayas espectrales, se observan bandas que acusan la presencia de moléculas como son: OH, NH, CH, SiH, MgH, CaH, CN, TiO, AlO y muchas otras. Sin embargo, en porcentaje, podemos considerar al Sol compuesto de un 75% de H, un 23% de He y el resto de los demás elementos.

Equilibrio dinámico

Una esfera de gas como el Sol se mantiene en equilibrio principalmente por tres factores: La expansión natural de los gases, la presión de radiación hacia el exterior, y la contracción gravitacional que se opone a las anteriores y las neutraliza. Dada la masa de Sol, se puede asegurar que su equilibrio dinámico está garantizado para varios miles de millones de años en el futuro. Gracias a los eclipses totales, se ha descubierto una muy leve oscilación con una frecuencia de varios minutos, oscilación que es muy estable.

Las manchas

En la región media de la superficie del Sol aparecen manchas que aumentan de tamaño y después disminuyen hasta desaparecer. Son debidas a perturbaciones de la fotosfera y corresponden a lo que llamamos actividad solar. Su parte central más oscura (4500 K) es la umbra y está rodeada de una penumbra, de tono menos oscuro (5300 K). Sus dimensiones pueden llegar hasta unos 50000 km.

Las manchas solares se presentan en grupos y aumentan y disminuyen en forma cíclica con un período de 11 años en promedio, que puede variar de 8 a 12 años aproximadamente. Wolf estudió ese ciclo y desarrolló la fórmula que lleva su nombre; por ella encontramos el número de Wolf: $R = k(10g + f)$, indicador de la actividad solar, donde k es una constante cercana a la unidad, g el número de grupos

de manchas y f el número total de ellas en un momento dado. Actualmente estamos pasando por un máximo de actividad, razón por la que el eclipse del 11 de julio fue aún más espectacular. El examen espectroscópico de las manchas pone en evidencia el efecto Zeeman y revela la existencia de poderosos campos magnéticos, hasta de varios Teslas de intensidad. (Este efecto magnético fue visible a simple vista al observar lo curvado de los chorros de gas ionizado en las protuberancias, especialmente en la que fue muy visible al principio de la totalidad).

Las manchas tienden a ir por pares, y las cercanas y paralelas al ecuador solar muestran una bipolaridad magnética característica. Efectivamente, si la mancha que va a la cabeza (en el sentido de rotación del Sol) tiene una polaridad norte, la que le sigue tendrá una polaridad sur; esto será así en todo el hemisferio solar considerado; si se estudia el hemisferio opuesto, el fenómeno se invierte. Asimismo, todas las polaridades mencionadas se invierten en cada ciclo solar, esto es cada 11 años en promedio. El mecanismo de aparición y extinción de las manchas solares está lejos de conocerse bien y por ello es tema de estudio continuo.

Las protuberancias

Durante la totalidad pudimos apreciar a simple vista unas emanaciones de un rojo vivo intenso, en el borde del astro. En el telescopio aparecen como erupciones y chorros de gas arqueados, de tal forma que en ellos se

delatan fuertes campos electromagnéticos: son las llamadas protuberancias que se proyectan hasta cientos de miles de kilómetros por encima de la cromósfera.

Por lo general, las protuberancias se clasifican en eruptivas, activas y quiescentes. Esta clasificación atiende principalmente a su forma y aspecto, así como a la historia de su formación; las primeras son chorros de materia que salen perpendiculares a la superficie solar con velocidades que rebasan los 1000 km/seg. Las segundas pueden durar algunas horas como máximo y constituyen una etapa de transición a las terceras, cuya duración se extiende hasta algunos meses. Estas formaciones, de una dinámica extraordinaria, son, sin duda, de los fenómenos solares más bellos a observar durante un eclipse total, aun con un pequeño telescopio o con binoculares.

Las protuberancias ocurren en función de la actividad solar y su número está ligado al número de Wolf ya descrito. En el eclipse pasado pudimos apreciar dos casos de protuberancias activas, opuestas casi diametralmente y de una altura mayor que 100,000 km, como se observa en la foto de la portada de esta edición y en las fotos 3 y 4.

La corona solar

La capa de gases extremadamente tenues que envuelven al Sol es llamada la corona solar, y reviste las más variadas formas dependiendo de la actividad solar y otros factores superficiales. Sabemos

Foto 3



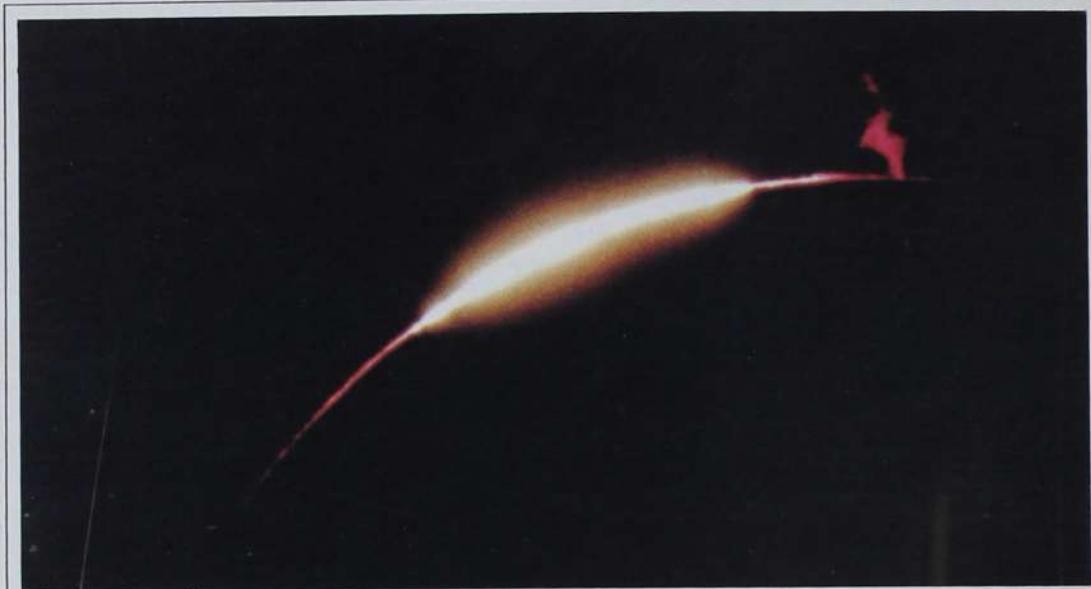


Foto 4

que las rayas espectrales de emisión de la corona se deben a átomos de Fe y de Ni fuertemente ionizados, llegando el Fe a perder hasta 16 electrones. Esta fuerte ionización solamente puede ser causada por una temperatura muy elevada, de más de 1 millón de grados Kelvin, que es la que se asigna a la corona solar.

Durante el eclipse del 11 de Julio, la corona se destacó visualmente hasta más de un diámetro solar (foto 2) en ciertas direcciones; pudo apreciarse mediante el telescopio su estructura filamentososa, especialmente en la proximidad de las dos grandes protuberancias ya mencionadas (fotos de la portada y 3).

La emisión de partículas

El Sol, además de radiar electromagnéticamente casi en todas las frecuencias, desde las de radio hasta las correspondientes a rayos X y gamma (dependiendo de la actividad solar), emite una gran cantidad de partículas que constituyen el plasma y el viento solares. Se trata sobre todo de la emisión de neutrones y protones cuyas velocidades y energías alcanzan hasta 2000 km/s y 30 mil electrón-volts (eV).

Durante los máximos de actividad solar ocurren con frecuencia emisiones abruptas, relacionadas con las protuberancias eruptivas, y días después arriban a la Tierra rachas de partículas cargadas eléctricamente, provocando disturbios en las radiocomunicaciones y a veces serios transitorios en las líneas de transmisión de alta tensión.

La investigación espacial, y las tecnologías desarrolladas a partir de la Segunda Guerra Mundial para la exploración del sistema solar han contribuido en forma significativa al conocimiento de nuestro entorno cercano. El Sol, la estrella más próxima a la Tierra, ha sido y seguirá siendo explorado por astronaves cada vez más automáticas e inteligentes. Aquí en la Tierra seguiremos aprendiendo nuevas técnicas para aprovechar su energía en favor de nuestro futuro. Para ello se debe contar con una población consciente de las limitaciones en el planeta; responsable, cada vez más, para resolver con sabiduría la problemática del porvenir. La divulgación científica, por su agilidad, debe ser un camino paralelo a la enseñanza formal que complementa a ésta, sobre todo en lo más reciente aprendido por el ser humano.

Es indudable que muchos legados nos dejó el eclipse total de 11 de Julio. Tal vez el más importante para México haya sido el gran interés científico despertado en toda la población, pero, sobre todo, en jóvenes y niños. Por citar un ejemplo, al concurso convocado por la revista *Chispa* llegaron más de 600 trabajos hechos por niñas y niños de entre 7 y 13 años de edad. No dejemos que el interés generado por este acontecimiento se diluya hasta desaparecer.

La astronomía tiene la ventaja de interesar a personas de todas las edades y condiciones ya que se trata de una ciencia "que se ve" y a la que "se entra" sin necesidad de aparato alguno; aprovechemos esta ventaja para atraerlas.

fue institucionalizada en todo el país con el advenimiento del SNI en 1984. Esto ha significado un avance notable, porque reconoce la evaluación de la productividad como un criterio para mantener y estimular una ciencia saludable en el país. Sin embargo, ha sido queja de no pocos críticos que en ocasiones las diferentes comisiones evaluadores (no necesariamente las del SNI) han caído en el cómputo indiscriminado del número de artículos publicados o del número de citas que han recibido las publicaciones sin reparar en la calidad o en las circunstancias del trabajo generado. Esta política ha sido percibida por la comunidad científica como un estilo autóctono del *publish or perish*. Los investigadores, especialmente los jóvenes, presionados por llenar su cuota anual de artículos para ascender al siguiente escalón del tabulador se apresuran a publicar artículos mediocres. Es claro que, de continuar, esta política conducirá a una ciencia y en particular a una BM mediocre.

Otro efecto negativo más específico de la BM se deriva de su enorme éxito en la resolución de problemas prácticos. Grupos dirigidos por talentos científicos jóvenes, seducidos por la disponibilidad de recursos, han decidido abandonar los proyectos básicos para abordar otros de corte utilitario tales como métodos diagnósticos de enfermedades infecciosas o padecimientos hereditarios. El aspecto aplicado de la BM, aunque importantísimo, está desviando talento creativo hacia tareas más o menos sofisticadas pero rutinarias. En una comunidad exigua, este desplazamiento interno de talentos tiene un efecto descapitalizador de la BM básica, el sustrato donde deben apoyarse los trabajos aplicados. El desplazamiento interno de este tipo trae, por lo menos a corto plazo, una baja en la calidad del trabajo científico.

Demanda

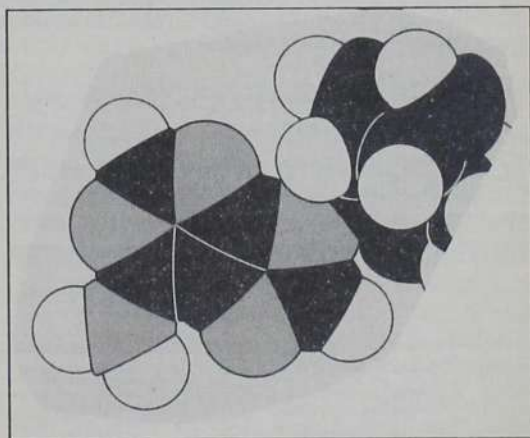
La demanda de BM en el futuro inmediato no puede sino aumentar. Es claro que una parte de esta demanda es creada por laboratorios de investigación básica en diferentes áreas de la biología que requieren demostraciones moleculares de fenómenos estudiados empleando metodologías clásicas. Otra vertiente importante es la ya mencionada, creada por la necesidad de aplicar

técnicas moleculares a problemas de diagnóstico médico o en la identificación de individuos por medio de sus "huellas de ADN" con fines legales o de identificación genética. Esta demanda deberá cubrirse a través del adiestramiento de nuevos estudiantes.

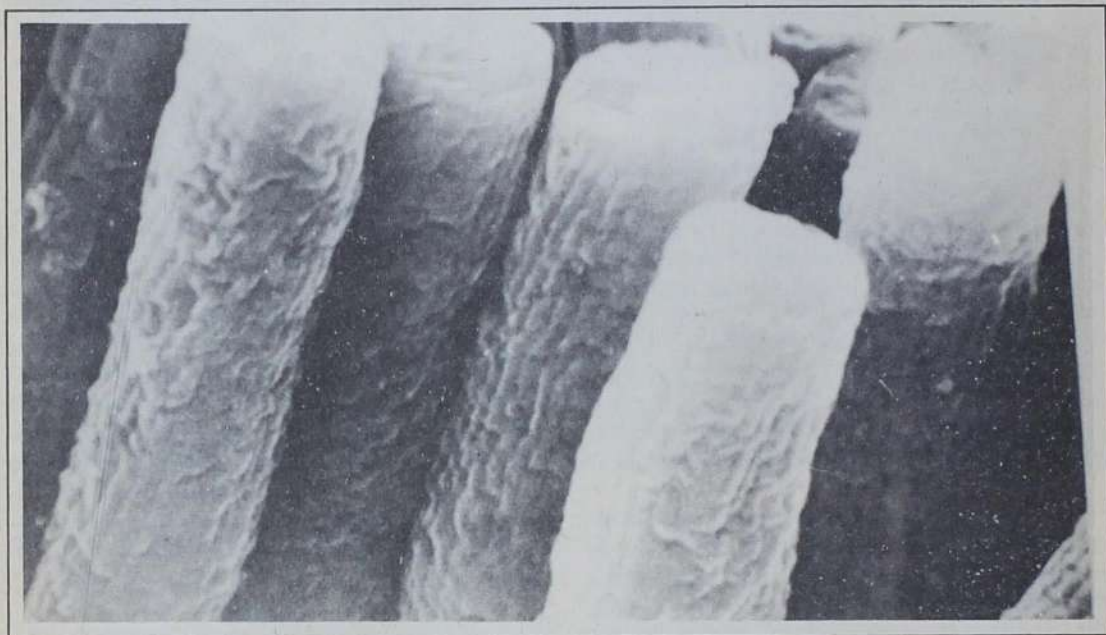
Paradójicamente, la concurrencia de estudiantes a los programas básicos de BM es, en el mejor de los casos, modesta. Coincidió con varios colegas que piensan que parte de la explicación del número reducido de estudiantes de posgrado en el país son los bajos salarios de los trabajadores científicos. Pérez Tamayo, el célebre biólogo universitario, en un artículo reciente⁴ dice que "el problema crucial de los científicos mexicanos es que nuestra remuneración sigue siendo inadecuada, totalmente indigna del esfuerzo que hacemos para llevarla a cabo y de su importancia para la sociedad". Ante esta realidad, y a reserva de que cambiemos la situación, no hay más que invocar la inescapable fascinación y un crecimiento de la investigación en BM para atraer talentos.

Notas

1. Thuiller, P. en *Selecciones de la Recherche*, H. Blume Ediciones, Madrid 1976 p. 9.
2. Peña, A. en *La Biología como instrumento de desarrollo en América Latina* J.E. Allende, ed. Red Latinoamericana de Ciencias Biológicas. 1990 p. 269.
3. Palacios, R. "Análisis crítico de la producción primaria del Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno de la UNAM". Cuernavaca.
4. Pérez Tamayo, R., *La Jornada*, 9 de septiembre de 1991.



El futuro de la neurobiología



Dalila Martínez de Muñoz

En homenaje al Dr. Guillermo Massieu

Antes de analizar el desarrollo futuro de las neurociencias, considero conveniente exponer algunos datos que ayuden a comprender mejor la importancia de su progreso en México.

El sistema nervioso (SN), que junto con el sistema endócrino controla todas las funciones del organismo, es altamente complejo. El SN provee un inmenso repertorio de comportamientos que se manifiestan al hablar, caminar, tocar, mirar, escuchar, reír, etc. Es decir, el SN es al mismo tiempo

periodista, editor, productor y mensajero de todos los eventos que suceden en el organismo. Lo importante es que en cada comportamiento se observa fiabilidad, precisión y versatilidad.

El SN es un conjunto de células altamente especializadas —neuronas— y otras que están organizadas de una manera muy específica. Las neuronas con funciones similares se agrupan y se conectan con otros subsistemas funcionales constituyendo supersistemas. Así, trillones de neuronas especializadas forman varias vías neurales, que a su vez integran una red de incalculables conexiones —sinapsis— con miles de regiones especializadas y docenas de subsistemas organizados funcionalmente.

Para estudiar tal complejidad surgieron las neurociencias, conjunto de especialidades que de

La Dra. Dalila Martínez de Muñoz es médica de la UNAM y doctora en ciencias (Bioquímica) del CINVESTAV. Es profesora titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV. Su campo de investigación es el estudio de antiepilépticos y de las formas moleculares de acetilcolinesterasa.

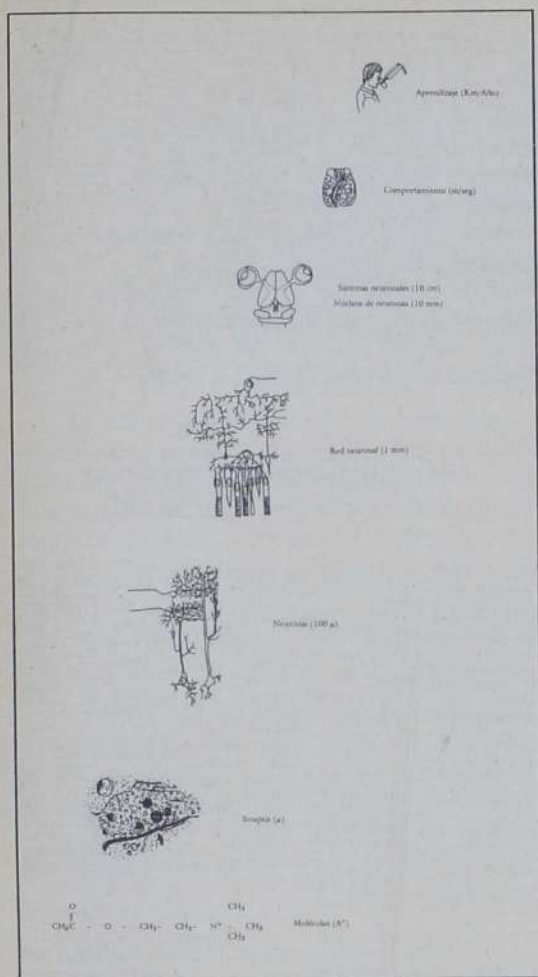


Figura 1. Niveles de complejidad del sistema nervioso, dimensiones de sus estructuras y velocidad de los fenómenos generados a través de ellas.

manera multi o interdisciplinaria tienen como objetivo explicar las bases biológicas del funcionamiento del sistema nervioso. La primera institución creada con este propósito fue el Centre de Neurochimie en Estrasburgo, Francia, y pronto se formaron otras en varias partes del mundo.

En la figura 1 se muestra el nivel de complejidad del SN y las dimensiones de sus estructuras, o la velocidad de los fenómenos generados a través de ellas, que justifica la asociación o coincidencia de fisiólogos, psicólogos experimentales, farmacólogos,

logos, biofísicos, biólogos celulares, bioquímicos y genetistas para dilucidar el funcionamiento del cerebro desde sus bases moleculares hasta las funciones integrativas más elevadas.

En el principio fue la fisiología... y al final la integración de los conocimientos

De la fisiología general, que estudia las funciones de los órganos o del animal íntegro, surgió la neurofisiología que se desarrolló profusamente y alentó a su vez la formación de otras especialidades: la neuroquímica, la neurofarmacología, etc. La neurofisiología pasa por lo que se considera su edad de oro y recientemente hizo aportaciones muy importantes que permitieron conocer con bastante exactitud la organización de los sistemas neuronales (visual, motor, sensorial, auditivo) y las principales vías o redes neuronales. A mediados del presente siglo, con el advenimiento de la bioquímica, surgió como especialidad la neuroquímica y más tarde la neurobiología. Al revisar la historia de las asociaciones científicas, se comprueba que de las sociedades de Fisiología surgieron las de Farmacología y Bioquímica que, a su vez, dieron lugar a las de Biología Celular y Genética. El ímpetu que tuvo la investigación de las bases moleculares sobre la fisiológicas condujo al enfoque denominado reduccionista. Actualmente se cuenta con múltiple información procedente de varias disciplinas y el reto es su integración para explicar las funciones nerviosas, es decir, hay una tendencia integracionista.

Las neurociencias en el CINVESTAV

El surgimiento de las neurociencias en México es similar a la trayectoria internacional señalada previamente. El departamento de Bioquímica del CINVESTAV, creado en 1962, dio pronto origen al departamento de Genética y Biología Celular (1969), del que surgieron posteriormente los departamentos de Biología Celular y de Genética y Biología Molecular (1971). Por iniciativa del entonces Director del CINVESTAV, el Dr. Guillermo Massieu Helguera, primer neuroquímico mexicano, se formó la Sección de Neurobiología del Departamento

de Bioquímica (1972). El núcleo inicial estuvo formado por Víctor Alemán y Dalila Martínez de Muñoz. Posteriormente, Julio Muñoz, neurofisiólogo, con entrenamiento postdoctoral en Carolina del Norte, EUA, se incorporó a la sección, a la que más tarde ingresaron Jorge Hernández y Alejandro Oscós, ambos doctorados en el extranjero e interesados por la neurobiología del desarrollo y la psicología experimental, respectivamente. Puede considerarse entonces que las neurociencias en el CINVESTAV se iniciaron realmente en 1974, cuando se creó el Departamento de Neurociencias.

Cuando el departamento de Neurociencias estaba en proceso de consolidación, el Dr. Massieu fue nombrado Subsecretario de Educación e Investigación Tecnológica de la SEP (1977) y con el apoyo del nuevo director, Dr. Manuel V. Ortega, se incorporó a investigadores de varias especialidades interesados en la neurobiología. Así se logró la contratación de algunos neurofisiólogos: Javier Alvarez Leefmans (1978) y más tarde Eduardo Rojas e Illani Atwater (1980), que entonces eran profesores de la Universidad de Norwich, Inglaterra. Eduardo Rojas, con gran prestigio internacional como biofísico, se hizo cargo de la jefatura del departamento y trató de ampliar la planta de profesores con jóvenes investigadores formados en el extranjero. Tal fue el caso de Jorge Sánchez, con entrenamiento en biofísica y quien ingresó al departamento en 1983.

El departamento de Neurociencias no fue ajeno a la crisis económica del país que, en 1982, impidió que se terminara de equipar su edificio y que de hecho inició la desintegración del grupo con la partida de Eduardo Rojas e Illani Atwater a los EUA. Posteriormente, Jorge Sánchez, Javier Alvarez y Alejandro Oscós se mudaron al departamento de Farmacología del mismo CINVESTAV.

En 1984, el departamento de Neurociencias se unió al de Fisiología y Biofísica constituyendo el departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias actual. Es pertinente indicar que el grupo más numeroso de investigadores de este departamento es el de neurobiólogos: José Bargas, Jorge Aceves, Víctor Alemán, Hugo Aréchiga, Eugenio Frixione, Elvira Galaraga, Jorge Hernández, Daniel Martínez, Dalila Martínez, Pablo Rudomín, René Valdío-

sera. Estos investigadores trabajan en proyectos inter o multidisciplinarios en colaboración con grupos del mismo departamento o de otros departamentos de nuestra institución (Biología Celular, Farmacología y Toxicología) y de otras instituciones nacionales e internacionales. Entre las instituciones nacionales destacan el Instituto de Fisiología Celular, el Instituto de Investigaciones Biomédicas y la Facultad de Medicina de la UNAM; el Hospital General y el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía de la Secretaría de Salud; algunos centros médicos del IMSS y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.

Las neurociencias en otras instituciones nacionales

Fuera del CINVESTAV, el grupo más destacado de investigadores en neurociencias fue el del Instituto de Biología de la UNAM, formado antes de la creación del CINVESTAV. El primer investigador de este grupo fue el Dr. G. Massieu, por lo que se le ha considerado mercedamente el pionero de la neuroquímica en México. Este grupo se desarrolló vigorosamente y fue el núcleo alrededor del cual se constituyó el departamento de Neurociencias del Instituto de Fisiología Celular. El mismo grupo ofrece uno de los posgrados en neurociencias más reconocidos de México.

En otras instituciones se realizan estudios en neurobiología, entre las que se tiene: el Centro Médico de Occidente del IMSS, el Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Colima, la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Facultad de Ciencias de la Universidad de Guadalajara y el Departamento de Fisiología de la Universidad de Puebla.

El programa de posgrado en neurociencias en el CINVESTAV

El programa de posgrado en neurociencias del CINVESTAV se estableció formalmente con la creación del departamento del mismo nombre. El programa de la maestría fue multidisciplinario desde el inicio

y la coordinación académica estuvo a cargo de Julio Muñoz. Además de la participación entusiasta de varios investigadores del CINVESTAV, se contó con la colaboración valiosa de profesores de otras instituciones, entre las que destacan la del Dr. López Antúnez, de la Escuela Superior de Medicina del IPN, quien impartió el curso de Neuroanatomía Funcional a cuatro generaciones de estudiantes. Cuando sobrevino la muerte de este brillante profesor recurrimos a la colaboración de Alfredo Fera, quien posee una vasta experiencia como neuromorfológico.

Es importante señalar que el currículum de neurociencias se estableció con objetivos bien definidos, que todos los cursos de la maestría de neurociencias fueron teórico-prácticos, lo cual requirió de gran dedicación para contratar profesores e instructores. Este esfuerzo se tradujo en la sólida formación de los graduados en este programa, debido a que los conocimientos teóricos estuvieron reforzados por las prácticas y el análisis de los resultados experimentales. Un ejemplo notable fue la práctica integral de biología celular diseñada y dirigida por Rubén López Revilla, que a juicio de profesores y estudiantes resultó muy provechosa. Igualmente exitosos fueron los cursos tutoriales de fisiología, que consistían en estancias de los estudiantes en los laboratorios en donde los profesores titulares y sus colaboradores suspendían sus actividades de investigación durante un mes para dedicarse a la enseñanza. Así, los estudiantes

aprendían métodos de avanzada que reforzaban su incursión en la neurobiología. La neuroquímica constaba de dos cursos: uno inicial de seis semanas durante las que se enseñaba la metodología fundamental y el segundo teórico-práctico que consistía en conferencias y en tres estancias mensuales en los laboratorios de Víctor Alemán, Dalila Martínez y Jorge Hernández. El trabajo experimental se enriqueció con cursos bien estructurados de distinguidos profesores visitantes, entre los que citaremos el de neurofisiología a cargo del Dr. Narahashi, el de métodos neurobiológicos que impartió el grupo del Dr. Bernard Haber, y el de psicología experimental coordinado por el Dr. James L. McGaugh.

Debido a que la planta de profesores del Departamento de Neurociencias era reducida, el diseño y la organización del posgrado, así como sus objetivos, se lograron debido al esfuerzo desinteresado y entusiasta de numerosos colegas nacionales y extranjeros.

Formación de recursos humanos

A pesar de la breve existencia del Departamento de Neurociencias, su programa interdisciplinario, novedoso, ha tenido buena aceptación y se han doctorado 9 estudiantes (Tabla 1). Se otorgó el grado de maestro en ciencias a 19 estudiantes, dos de ellos, Ma. Enriqueta Morales y Froylán Vargas lo obtuvieron cuando la sección de Neurobiología pertenecía al departamento de Bioquímica. La mayoría de estos maestros en ciencias continuó su programa de doctorado: seis obtuvieron su doctorado en neurociencias y dos en fisiología; dos son actualmente candidatos al doctorado del departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias y uno más estudia en el extranjero. De los restantes, tres realizan labores de investigación en instituciones nacionales, dos se dedican a la enseñanza y solamente uno realiza actividades ajenas a su formación. Una egresada con grado de maestra en ciencias es investigadora en los Institutos de Salud de EUA (NIH).

Como ya es tradición en el CINVESTAV, la mayoría de los estudiantes que obtuvieron el grado de doctor (siete de ocho) consolidaron su formación con una estancia pos-

Tabla 1. Actividades desempeñadas por los estudiantes graduados en el programa de maestría en neurociencias del CINVESTAV.

	Cantidad	Porcentaje
Obtuvieron doctorado en Neurociencias en CINVESTAV*	6	31
Obtuvieron doctorado en Fisiología en CINVESTAV	2	10.5
Investigadores en instituciones nacionales	3	15.7
Investigadores en el extranjero	2*	10.5
Profesores de enseñanza superior en el país	2	10.5
Candidatos a doctores en Fisiología, Biofísica y Neurociencias	2	10.5
Candidatos a doctorado en el extranjero	1	5.3
Otra actividad	1	5.3

* Incluye un estudiante que obtuvo su maestría en bioquímica en la sección de Neuroquímica.

Tabla 2. Actividades de los estudiantes doctorados en neurociencias en el CINVESTAV.

1. Realizaron posdoctorado en el extranjero ^a	7
2. Investigadores en el CINVESTAV ^b	3
3. Investigadores en instituciones nacionales	3
4. Investigadores en el extranjero ^c	2
5. En estancia posdoctoral	1

a Seis en EUA y uno lo realiza actualmente en Suiza.

b Incluye a dos doctorados por el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias.

c Uno en EUA y otro en Francia.

doctoral en el extranjero y uno de ellos la realiza actualmente en Suiza (Tabla 2). Tres de ellos forman parte de la planta académica del CINVESTAV, tres realizaron actividades de investigación en instituciones nacionales, dos en instituciones extranjeras y uno más se incorporará pronto a una institución nacional de prestigio. Puede considerarse con satisfacción que los graduados del departamento de Neurociencias han tenido una formación sólida que los ha capacitado como profesores y que la mayoría son investigadores activos.

Una experiencia interesante, aunque breve, fue la participación del departamento de Neurociencias en un experimento piloto dirigido con gran entusiasmo por Mario García Hernández, entonces profesor del departamento de Bioquímica. Consistió en un programa tutorial denominado de *prerrequisitos largos*. Participaron estudiantes recién egresados de preparatoria o que habían cursado sólo los tres primeros años de una licenciatura del área biológica. La formación básica la impartían profesores prestigiados de varias instituciones y de varios departamentos del CINVESTAV.

Esta etapa, muy rigurosa, permitía la selección estricta de los estudiantes capacitados e interesados genuinamente por la investigación, a la que se incorporaban muy tempranamente. La afabilidad del coordinador, el entusiasmo de profesores e instructores y el esfuerzo y dedicación de los estudiantes fueron ingredientes decisivos en el éxito del programa. La mayoría de los estudiantes de este plan continuó sus estudios y obtuvo el doctorado a edad temprana. Gran parte de los graduados son investigadores activos en instituciones prestigiadas nacionales y extranjeras. Tres de los

estudiantes doctorados en neurociencias tuvieron la oportunidad de iniciarse en este experimento.

La única desventaja de este programa se presentó cuando los estudiantes no terminaban este posgrado, porque tampoco obtenían el título de la licenciatura, lo que no sucedió con frecuencia. Por ello, las razones de la suspensión de este programa no fueron académicas sino político-administrativas: el CINVESTAV no tiene atribución para otorgar grados de nivel licenciatura y los organismos que financian a los becarios de posgrado condicionan el otorgamiento de las becas a la obtención del título de licenciatura.

Desarrollo reciente de las neurociencias

En las últimas dos décadas, la investigación biológica —de una colección de disciplinas— se ha transformado en un área interactiva y la neurobiología es probablemente el ejemplo más sobresaliente, lo que ha ocasionado su rápido progreso. A este avance ha contribuido el desarrollo de métodos nuevos o técnicas de DNA recombinante, producción de anticuerpos monoclonales, micrométodos químicos, *patch clamp*; así como el desarrollo de instrumentación poderosa: microscopía electrónica, espectroscopía de resonancia magnética, computación, etc.

Actualmente uno de los mayores desafíos de la biología es el entendimiento de los mecanismos moleculares del funcionamiento neuronal cerebral que dirigen ciertos comportamientos complicados. Las unidades funcionales, las neuronas, se comunican por medios químicos y eléctricos. La investigación contemporánea sobre las señales neuronales se ha enfocado al estudio de varios neurotransmisores y neuromoduladores, sus receptores y la transducción en eventos eléctricos o actividad de segundos mensajeros. Con la técnica denominada *patch-clamp* se han podido estudiar eventos fisiológicos individuales que ocurren en la célula nerviosa y que están relacionados con la neurotransmisión y el procesamiento de la información. Las técnicas de DNA recombinante han permitido identificar algunos mensajeros químicos:

neurotransmisores, neuromoduladores, así como sus genes y sus receptores.

Se empiezan a conocer los mecanismos de formas simples de aprendizaje, como la memoria de corto plazo, en la que intervienen segundos mensajeros similares a los que participan en procesos celulares. Sin embargo, en la memoria de largo plazo parecen suceder alteraciones de la expresión genética.

El desarrollo del sistema nervioso es un tema de frontera: la inducción neuronal, la proliferación, la migración, la agregación celular, la citodiferenciación, el brote axonal, el envejecimiento y la muerte neuronal son algunos aspectos en los que la investigación ha avanzado considerablemente, pero quedan aún varias preguntas por contestar.

Otro tema de gran interés es el mecanismo de transporte neuronal. Para saber cómo llegan organelos y sustancias del cuerpo neuronal, donde se producen, a las terminales nerviosas en donde se requieren, se dispone actualmente de técnicas novedosas: métodos de microinyección, cuantificación de fluorescencia por microscopía, marcaje con anticuerpos para localización y cuantificación de componentes y estructuras por microscopía, etc.

El conocimiento del control del movimiento corporal ha preocupado a los científicos por centurias. Actualmente se indaga cómo el cerebro controla los movimientos, cómo decide qué y cuando moverse, así como la velocidad, exactitud y fuerza de movimientos particulares. Para efectuar tales estudios se requiere la colaboración de especialistas de otras áreas: físicos, ingenieros, matemáticos que han contribuido con nuevas técnicas como métodos de procesamiento de imágenes, robótica e inteligencia artificial.

El futuro de las neurociencias

En 1970 el Consejo Nacional de Investigación de los EUA publicó el libro *La biología y el futuro del hombre* que resumía la situación de la biología en esa época. En 1989 se actualizó este informe, enfatizando los temas de mayor interés. En particular, se propone la interacción entre biólogos de

varias subdisciplinas y científicos de otras áreas para abordar interdisciplinariamente temas trascendentes. Uno de los capítulos de tal informe se dedica a las neurociencias. La autora de este capítulo solicitó la colaboración de algunos neurobiólogos mexicanos, y puesto que sus opiniones coinciden esencialmente con las del comité que analizó lo relacionado a la neurobiología, éstas se resumen a continuación.

El objetivo de las neurociencias modernas es entender cómo las neuronas del cerebro dirigen el comportamiento de los organismos, incluido el hombre. A la neurobiología le atañen varios temas centrales relacionados con el comportamiento animal: cómo se percibe el medio ambiente, cómo se aprende de la experiencia, cómo se memoriza, cómo se dirigen los movimientos, cómo se comunica un organismo con los otros. La finalidad central de las neurociencias se basa en que todo comportamiento animal tiene como base la función organizada y coordinada del sistema nervioso. Entonces, el desafío de la neurobiología es explicar en términos físicos y químicos cómo el sistema nervioso orquesta la información que recibe del exterior y las señales que de él emergen para dirigir cada comportamiento. Es decir, su objetivo es que los numerosos conocimientos obtenidos por la morfología, fisiología, bioquímica, inmunología, biofísica, farmacología, genética, matemáticas, etc., encajen como piezas de un rompecabezas para explicar cada función del sistema nervioso central (SNC) de manera integral.

Los temas propuestos por el foro de discusión sobre Neurociencias pueden agruparse para lograr cinco objetivos específicos.

1. Desenredar las complejas y numerosas vías neuronales que conectan varias regiones del SNC entre sí y con otras estructuras, es decir, con las técnicas modernas con el propósito de mapear detalladamente el cerebro.

2. Identificar las diferencias que existen entre las células nerviosas, las cuales tienen varias características comunes, pero también algunas que las distinguen y las hacen altamente específicas. Las distinciones se hacen según su composición química (mensajeros químicos, receptores que recono-

cen específicamente cada mensaje y segundos mensajeros que lo magnifican) su forma y sus funciones. Este propósito es bastante complicado por el número creciente de mensajeros químicos que se conocen: neurotransmisores y neuromoduladores, lo que se complica más por las múltiples conexiones que cada neurona puede establecer con otras neuronas y con otros tipos de células.

3. Conocer cómo las neuronas generan las señales y las conducen a larga distancia y cómo ellas modifican las células de los tejidos blancos que contactan funcionalmente. Por fortuna, la investigación sobre los mecanismos celulares y moleculares involucrados en las señales nerviosas y en la neurotransmisión es abundante. Sin embargo, los cambios a largo plazo que ocurren en las neuronas relacionadas con la adquisición y almacenamiento de la información, conocidos como aprendizaje y memoria, aún no se conocen bien, pero se están investigando profusamente.

4. Estimar la biología específica de las neuronas. Aunque se acepta que las funciones altamente especializadas y específicas de las neuronas las diferencian del resto de las células, aún se ignoran varios aspectos significativos: i) cómo se genera la enorme diversidad fenotípica de las neuronas; ii) cómo se especializa cada parte de la neurona para recibir o enviar señales; iii) cómo las neuronas mantienen prolongaciones alejadas del cuerpo neuronal que contiene la maquinaria genética y sintética; iv) qué cambios ocurren en las neuronas en respuesta a la experiencia y al envejecimiento. Es evidente que los avances recientes en biología celular y molecular contribuirán decididamente al entendimiento de estas preguntas.

5. Comprender cómo procesa la información el SNC para determinar la organización de sus varios subsistemas y cómo funcionan para dirigir la percepción sensorial, el lenguaje, las acciones motoras, las emociones, el conocimiento y el pensamiento. Este es, sin lugar a dudas, el principal propósito de las neurociencias y en él confluyen todos los conocimientos obtenidos; para lograrlo se necesitará utilizar metodología moderna generada por la investigación biomédica y por otras áreas como la fisicomatemática y la ingeniería. Un ejemplo sobresaliente de esta interacción ha sido la

construcción de máquinas o modelos que imitan algunos aspectos de las funciones neuronales, y se espera que el desarrollo de las ciencias de la computación (especialmente de la inteligencia artificial) contribuirá al entendimiento del funcionamiento del SNC, de la misma manera que la biología molecular determinará los mecanismos moleculares de tales procesos.

¿Cuál será la repercusión de los conocimientos que surjan de la neurobiología?

Los conocimientos fundamentales que surjan del estudio de las funciones cerebrales se aplicarán para mejorar algunas funciones normales o para corregir algunas funciones anormales, por ejemplo la dislexia (trastorno del lenguaje), la coordinación de los movimientos, la memoria, el envejecimiento neuronal. Todas ellas están relacionadas con la función integral del individuo, que por su importancia, repercuten en su calidad de vida.

Un objetivo importante de las neurociencias es el entendimiento profundo de las anomalías del comportamiento humano producido por alteraciones neurológicas o psicológicas. En este aspecto la neurobiología ha contribuido al tratamiento racional de algunos padecimientos considerados antes incurables como la epilepsia, la aplicación de técnicas genéticas para diagnóstico de algunos padecimientos neurológicos, así como el desarrollo de métodos de diagnóstico muy sensibles como la tomografía axial computada, la tomografía con emisión de positrones, la resonancia magnética nuclear y la magnetoencefalografía.

Fuentes de trabajo para los neurobiólogos

En México existen solamente dos programas de doctorado en Neurobiología o Neurociencias: el del CINVESTAV y el del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM. Otras instituciones de enseñanza superior tienen grupos de investigación que cultivan algún aspecto de la Neurobiología: los Departamentos de Fisiología del Instituto de Investi-

gaciones Biomédicas y de la Facultad de Medicina (UNAM); el Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Colima (tiene un programa de Maestría en Ciencias Fisiológicas); el grupo de neuroquímica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Guadalajara; algunos grupos de neurociencias en las Unidades de Investigación Biomédica del IMSS; la Unidad de Investigación del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía; el Departamento de Fisiología de la Universidad de Puebla.

La formación de investigadores en el área biológica del CINVESTAV estuvo en aumento hasta hace poco. La crisis económica del país y la falta de apoyo económico a la investigación ha repercutido en el estancamiento en la formación de recursos humanos. A partir de la década pasada existe una mayor dificultad para captar estudiantes interesados en el posgrado y ha aumentado la deserción de estudiantes en cursos de posgrado. Probablemente el desinterés de los jóvenes por las actividades científicas se ha reforzado por los bajos salarios que perciben los investigadores y por las escasas facilidades que ofrecen algunas instituciones para realizar tales actividades. En Neurociencias se ha observado el mismo fenómeno; no obstante, se espera que esta tendencia se revierta cuando el reciente anuncio de mayor apoyo gubernamental a la investigación científica se haga efectivo. Los esfuerzos de la Academia de la Investigación Científica por difundir las actividades científicas, con programas como el Verano de la Investigación Científica, contribuirán seguramente a lograr mayor interés de los jóvenes por la biología y por la neurobiología en lo particular.

Cabe hacer notar que los graduados en neurociencias tienen algunas ventajas sobre los de otras especialidades biomédicas. En particular, su formación multidisciplinaria, que los dota de una perspectiva más amplia en la enseñanza y favorece su interacción con otros investigadores. Las principales fuentes de trabajo para ellos son los centros de investigación (CINVESTAV, CUIB, institutos de la UNAM), las instituciones de enseñanza superior y los centros de investigación biomédica de la Secretaría de Salud y del IMSS. Si la modernidad del país se hace efectiva en el futuro próximo, las fuentes de trabajo para los investigadores jóvenes

se incrementarán y en consecuencia aumentará la demanda de investigadores, por lo que debemos estar preparados para capacitar a tales candidatos.

Conclusiones

Podemos concluir que el desarrollo de la neurobiología en el futuro próximo es promisorio. Los retos planteados a resolver son atractivos y por su gran complejidad requieren de la interacción de neurobiólogos con diferente formación y con otros especialistas. Los métodos y la instrumentación requerida también son variados y consisten en técnicas sofisticadas para determinar mecanismos moleculares y métodos de estudio integral del cerebro humano. Para su realización es esencial el factor humano, y los graduados en neurociencias, por su formación interdisciplinaria, han tenido gran aceptación en los centros de investigación, por lo que es probable que durante varios años la oferta supere la demanda. Además, los altos niveles educativos que el país requiere para modernizarse demandan un apoyo decidido a la ciencia. Puesto que la investigación biomédica en México se ha consolidado y las neurociencias se han desarrollado rápidamente en la última década, se espera que el apoyo financiero prometido por el gobierno impulse su desarrollo efectivamente.

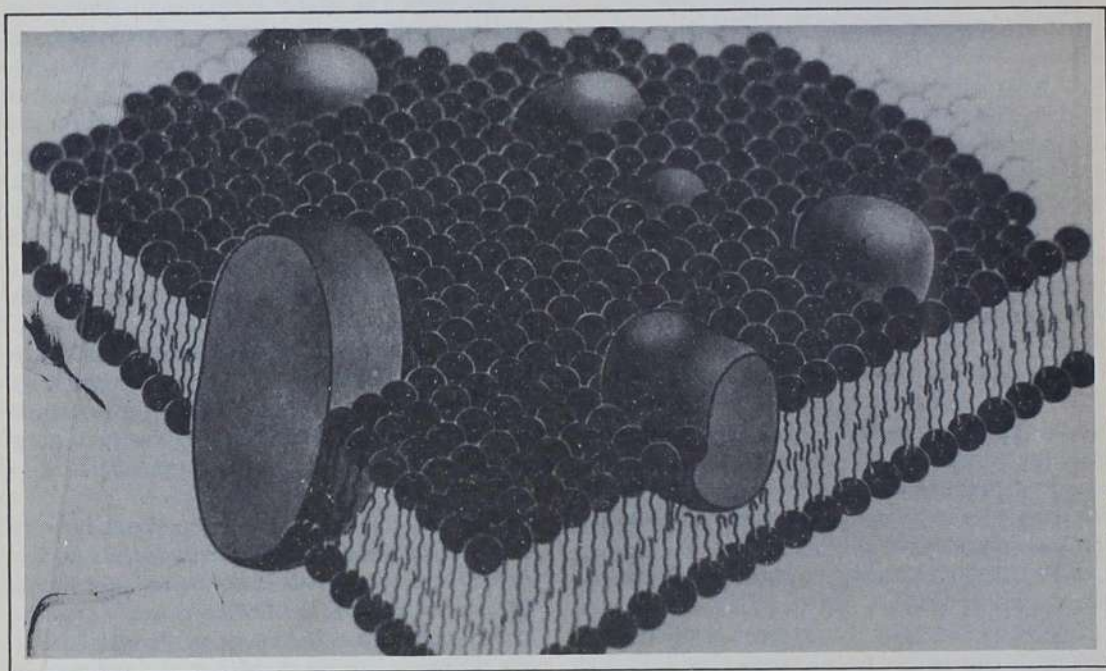
Agradecimientos. Agradezco profundamente la colaboración de mis colegas neurobiólogos que fueron consultados a través de un breve cuestionario, así como a Rosa María García, quien me auxilió en la preparación del manuscrito; y particularmente a Víctor Alemán y Julio Muñoz, quienes me proporcionaron datos valiosos. ❀

Bibliografía

1. Ramón, F. y Aréchiga, H., Investigación y docencia en el área biológica del CINVESTAV, *Avance y Perspectiva* 9, 147 (1990).
2. The new golden age of physiology: Perspective on the future of physiology, *The Physiologist* 30, 4 (1987).
3. The nervous system and behavior. En: *Opportunities in Biology*. Ed: Committee on Research Opportunities in Biology Board on Biology. Commission on Life Sciences, National Research Council. National Academy Press. Washington, 1989. pp. 175-223.
4. Malo, S., La ciencia y la tecnología de México ante el Tratado de Libre Comercio, *Bol. de la AIC* 2 (1991), 23.

El estudio de enzimas en la interfase lípid/agua: La fosfolipasa A₂

Las fosfolipasas del tipo A₂ participan en el metabolismo de los fosfolípidos, en su recambio membranar, en la digestión y en el disparo de la cascada de los eicosanoides. Actúan sobre sustratos organizados, y la hidrólisis en la que intervienen es considerada como paradigma de los procesos catalíticos en la interfase lípido/agua.



Marta S. Fernández

Introducción

Una abeja se defiende de su agresor inyectando un veneno. El organismo de un mamífero respon-

de a la entrada de un agente patógeno cercándolo a través del proceso de la inflamación. En ambos casos está involucrada una actividad de fosfolipasa A₂. En el intestino de ese mismo mamífero los fosfolípidos ingeridos en la dieta, para ser absorbidos, requieren ser previamente hidrolizados por una enzima secretada (como zimógeno) por el páncreas: la fosfolipasa A₂. La enzima tiene su correlato en el veneno de las serpientes que es secretado por glándulas que han evolucionado a partir de ór-

La Dra. Marta S. Fernández es profesora titular y jefa del Departamento de Bioquímica del Cinvestav. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Buenos Aires y su campo de investigación es la fisicoquímica de membranas biológicas.

ganos digestivos y que también tiene, de algún modo, función digestiva (y no sólo defensiva), por lo menos para la serpiente, que así paraliza a su presa y asegura su alimentación. El elemento común a todos los procesos anteriores, la fosfolipasa A_2 (PLA_2), es una enzima que cataliza la hidrólisis de la unión éster en la posición 2 de los L-fosfolípidos (figura 1). La reacción hidrolítica, que es dependiente de Ca^{+2} y que libera un ácido graso y un lisofosfolípido (figura 2), es considerada como modelo de los procesos catalíticos en la interfase lípido-agua, pues ocurre preferentemente sobre sustratos agregados como micelas, bicapas o lipo-proteínas.

Ubicuidad y aspectos filogenéticos de la fosfolipasa A_2

La actividad fosfolipásica A_2 corresponde a una familia de proteínas de peso molecular relativamente bajo (14 a 18 kDa), con un alto contenido de puentes disulfuro y que presentan una gran resistencia a los detergentes, al cambio de pH y a las temperaturas altas. La enzima está ampliamente distribuida en el reino animal tanto en células como en compartimientos extracelulares. Las enzimas extracelulares de páncreas y de venenos de serpientes y las celulares de mamífero exhiben una considerable similitud. La mayor diferencia la muestra la PLA_2 del veneno de abeja que, entre otras peculiaridades, es una glicoproteína (aunque no sea más que como recurso mnemotécnico, resulta gracioso notar que la única PLA_2 sustituida con azúcares es la de *Apis mellifera*!).

El gran interés bioquímico, biológico y médico que en los últimos años ha despertado la PLA_2 , ha generado un gran volumen de investigaciones y, como consecuencia, de información relativa a secuencias, lo que ha permitido construir dendrogramas y árboles filogenéticos. De su análisis puede concluirse que las fosfolipasas A_2 que existen actualmente son el resultado de la evolución divergente de un gen ancestral común. Este gen ya se había al menos duplicado cuando los mamíferos divergieron de la línea de los reptiles: la fosfolipasa pancreática humana muestra gran homología con las fosfolipasas de veneno de elápidos, mientras

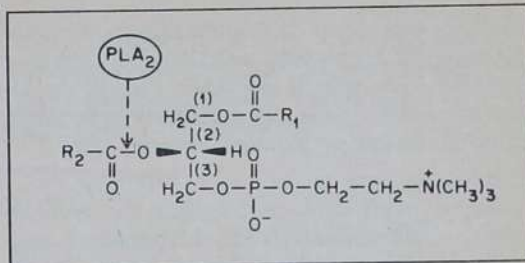


Figura 1. Sitio de acción de la PLA_2 sobre un fosfolípido, la L- α -fosfatidilcolina en este ejemplo. R_1 y R_2 representan cadenas hidrocarbonadas.

que una fosfolipasa humana no pancreática, de líquido sinovial, tiene mayor parentesco con las de venenos de víperidos. Mal que nos pese a los humanos, esas homologías, de la proteína pancreática con las enzimas de elápidos y de la sinovial con las de víperidos, son mucho más cercanas que la homología de las enzimas de elápidos y víperidos entre sí. Por otra parte, la enzima de veneno de abeja parece haber evolucionado según una rama separada de las anteriores, no se sabe si a partir de una duplicación del gen ancestral o a través de un fenómeno de especiación.

En lo que respecta a las fosfolipasas A_2 de mamífero, la forma extracelular de la enzima se encuentra en la secreción pancreática; también en exudados inflamatorios. Se han encontrado además numerosas formas celulares: en macrófagos, fibroblastos, membranas hepáticas, plaquetas, membranas de placenta. Sólo se dispone de unas pocas secuencias de las formas celulares. Qué tan semejantes son, queda por explorarse, aunque cabe señalar que anticuerpos contra la enzima pancreática porcina son capaces de reaccionar con una PLA_2 de membrana de fibroblastos de riñón

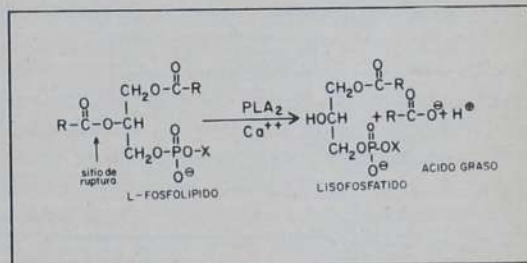


Figura 2. La PLA_2 en presencia de Ca^{++} , cataliza la escisión de un fosfolípido en un ácido graso y un lisoderivado.

humano; que el gen de la enzima pancreática humana se ha encontrado en cDNA de pulmón y que una PLA₂ soluble del fluido sinovial de pacientes artríticos tiene una gran homología con la PLA₂ membranal de placenta humana.

Mecanismo de acción: La tríada catalítica (¿o se trata de una díada?)

Hace cerca de veinte años que se descubrió el sistema de *charge-relay* o tríada catalítica en el sitio activo de las proteasas de serina: ácido aspártico-histidina-serina. En las proteasas hay tres pasos principales que conducen a la ruptura de la unión peptídica: 1) ataque nucleofílico por el OH de la serina; 2) transferencia de un protón por el anillo imidazol de la histidina y 3) fijación y estabilización del oxígeno del carbonilo del sustrato por grupos NH con un diferencial de carga positiva. En el caso de las fosfolipasas A₂, la tríada está integrada por aspártico-histidina-agua. Es decir, se trata de una díada en lo que respecta a aminoácidos que sólo se vuelve terceto por la participación del agua, ya que en la desacilación el OH del agua actúa en lugar de la serina en el ataque nucleofílico (figura 3). La estabilización del oxígeno del carbonilo del éster podría ocurrir a través del NH de una glicina y también del Ca²⁺, que estaría también unido al fosfato del sustrato y a un aspártico de la enzima.

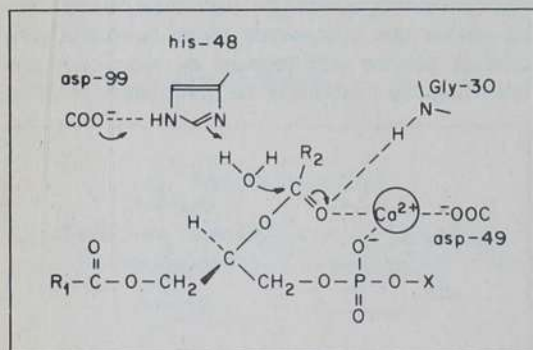


Figura 3. Participación del aspártico 99, la histidina 48 y una molécula de agua (la tríada catalítica) en la desacilación de un fosfolípido por la PLA₂.

La similitud de configuración de los sitios activos de la PLA₂ y de las proteasas, así como de los mecanismos de acción de estas enzimas, constituye un ejemplo notable de evolución convergente, teniendo en cuenta que hay muy poca semejanza en la estructura general de estas proteínas. Como es sabido, la convergencia se refiere a características que han evolucionado de manera independiente, hacia grados cada vez mayores de similitud. Se piensa que esto ocurre debido a las ventajas adaptativas comunes que confieren funciones semejantes. Cabe señalar que, recientemente, la tríada catalítica se ha encontrado también en el sitio activo de las lipasas.

La enzima pancreática: procesos digestivos

En el páncreas, la PLA₂ se produce como zimógeno que, al ser secretado en el duodeno, se activa por efecto de la tripsina que cataliza la remoción de un heptapéptido del extremo -NH₂ de la proteína. La enzima actúa en el intestino sobre los fosfolípidos de la ingesta que forman parte de las estructuras micelares generadas por los detergentes naturales que son las sales biliares. La enzima pancreática es de las más estudiadas por su abundancia y facilidad de obtención. Además, se le utiliza como modelo para entender el efecto de inhibidores en la producción de anticuerpos para localización de enzimas celulares y en la mayoría de los estudios cinéticos que pretenden aclarar el mecanismo de la hidrólisis de fosfolípidos en la interfase lípido-agua. La enzima está involucrada además en la patofisiología de la pancreatitis aguda, en la que aparecen necrosis pancreática y complicaciones pulmonares. La capacidad lítica de los lisoderivados de fosfolípidos producidos por la enzima parece ser responsable, en gran medida, de esos efectos. En apoyo de lo anterior, hallazgos recientes indican que el nivel plasmático de la PLA₂ aumenta considerablemente en esta enfermedad.

La PLA₂ y los procesos inflamatorios

La biosíntesis de prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos y eicosanoides relacionados, que son

los mediadores en el proceso de inflamación, depende del precursor, ácido araquidónico. Ciertas formas celulares de la PLA₂ pueden catalizar la liberación de este ácido graso tetraenoico y precipitar la cascada inflamatoria. Cabe señalar que el araquidonato no se almacena en la célula, sino que forma parte de la poza membranal donde, principalmente, se le encuentra esterificado en la posición 2 de los fosfolípidos, es decir, en la unión sensible a la hidrólisis catalizada por PLA₂. Se considera que la PLA₂ puede ser un marcador específico del proceso de inflamación. Cabe señalar que recientemente se ha aislado y purificado una PLA₂ del fluido sinovial de pacientes artríticos. Un dato interesante es que esta enzima soluble tiene una gran homología con la PLA₂ membranal de placenta humana.

Existe gran interés médico en el problema de la regulación de esta enzima en virtud de lo que se ha expuesto acerca de que ciertas formas celulares de la PLA₂ pueden precipitar la cascada inflamatoria a través de la liberación del ácido araquidónico.

Modulación de la actividad de la PLA₂

La ubicuidad de la PLA₂, así como la de sus sustratos, plantea la pregunta de cómo es que se regula su actividad, de manera que no resulte deletérea para el tejido, el órgano o el organismo al que la enzima pertenece. Existen diversos mecanismos de regulación, entre los que podemos citar la síntesis como proenzima, la modulación por otras proteínas como las lipocortinas, y un mecanismo muy general que consiste en la regulación por las propiedades fisicoquímicas del sustrato organizado.

Síntesis como proenzima

Ya se ha mencionado que un mecanismo que impide la acción extemporánea de la enzima de páncreas es su producción como zimógeno en dicho órgano, y su activación en el intestino por pérdida de un heptapéptido.

Regulación por lipocortinas

La lipocortinas, una familia de proteínas que parecen ser inducidas por los glucocorticoides, actúan

como inhibidoras de la PLA₂. De hecho, la inhibición indirecta de la PLA₂ a través de estas proteínas mediadoras explicaría la acción antiinflamatoria de los corticosteroides.

Las lipocortinas existen en una gran variedad de tejidos. Se sugiere que una de las funciones de estas proteínas es la inhibición de la PLA₂ celular. En ensayos *in vitro* de la acción de algunas lipocortinas, se encontró que su efecto inhibitorio sobre la PLA₂ pancreática porcina puede revertirse a altas concentraciones de sustrato. Esto tiene relación con el hecho conocido de que las lipocortinas pueden unirse a los fosfolípidos. Resultados semejantes se obtuvieron con PLA₂'s intracelulares usando como inhibidores proteínas de monocitos relacionadas a las endonexinas.

Parece, entonces, que la acción inhibitoria de las lipocortinas y proteínas relacionadas sobre la PLA₂ no se debe a la formación de un complejo proteína-inhibidor, sino de un complejo con el sustrato fosfolipídico.

Regulación por las propiedades fisicoquímicas del sustrato organizado

Como ya se ha mencionado, la acción catalítica de la PLA₂ está dirigida fundamentalmente a sustratos organizados en la interfase lípido-agua, en forma de micelas, bicapas o lipoproteínas. Que la enzima muestre o no actividad depende, en gran medida, del estado físico del sustrato organizado y de las propiedades electrostáticas de la superficie. Por tal motivo, resulta esencial para entender el funcionamiento de esta enzima tener un conocimiento detallado de cómo se modifican las propiedades de los fosfolípidos monoméricos y de qué nuevas propiedades emergen cuando pasan a formar parte de una estructura organizada. Este conocimiento se obtiene a partir de estudios fisicoquímicos de los denominados sistemas modelo que se generan por fenómenos de autoensamble de las moléculas anfipáticas en un medio acuoso. Los fosfolípidos, por ejemplo, son capaces de dar lugar a estructuras lamelares que por sonicación u otros procedimientos se vesiculan para formar los liposomas. Las lamelas o bicapas muestran propiedades características de la organización de las cadenas hidrocarbonadas y de la generación de campos eléctricos por parte

de los grupos polares en la interfase lípido-agua. Un fenómeno importante es que las lamelas pueden sufrir una transición de fase del estado gel, en el que las cadenas hidrocarbonadas están extendidas y estrechamente empaquetadas, al estado líquido-cristalino, en el que el área de la sección transversal de las moléculas se incrementa y las cadenas tienen una mayor libertad de cambios conformacionales hacia formas torcidas o *gauche*. Para las lamelas de fosfolípidos puros, la T_m o temperatura de transición tiene un valor constante y característico. Por ejemplo, las bicapas de la lecitina saturada de 16 carbonos, la dipalmitoilfosfatidilcolina (DPPC), muestran una T_m de 41°C. Si la longitud de cada una de las cadenas hidrocarbonadas se reduce a 14 carbonos, como en la dimiristoilfosfatidilcolina (DMPC), la T_m se disminuye a 24°C; mientras que si se incrementa a 18 carbonos, como en la diestearoilfosfatidilcolina, aumenta a 54°C. Dependiendo del estado físico del sustrato, la hidrólisis puede presentarse de manera inmediata al agregar la PLA₂ pancreática, o presentar retardos considerables conocidos como latencias. Estos retardos han sido interpretados como períodos de inducción que reflejan una etapa de unión de la enzima a la interfase lípido-agua.

La duración del período de latencia está considerablemente influida por el hecho de que el sustrato se encuentre en estado gel, líquido cristalino o en el rango de la transición de fase. También se ha encontrado que la unión de la enzima a la interfase parece ser favorecida por la acumulación de los productos de reacción, en particular del ácido graso. La PLA₂ parece unir calcio no sólo en el sitio catalítico, sino también en un sitio de baja afinidad involucrado en la interacción de la enzima a la membrana. En nuestro laboratorio hemos encontrado que el efecto del potencial electrostático negativo generado en la membrana del liposoma por el ácido graso liberado durante la hidrólisis de la lecitina, modula la concentración de calcio interfacial y modifica los períodos de latencia en los cursos temporales de la acción hidrolítica.

¿Activación interfacial?

El canal hidrofóbico: una enzima rígida vs. un sustrato flexible

Es un hecho que la acción catalítica de la PLA₂ se incrementa de manera marcada cuando actúa so-

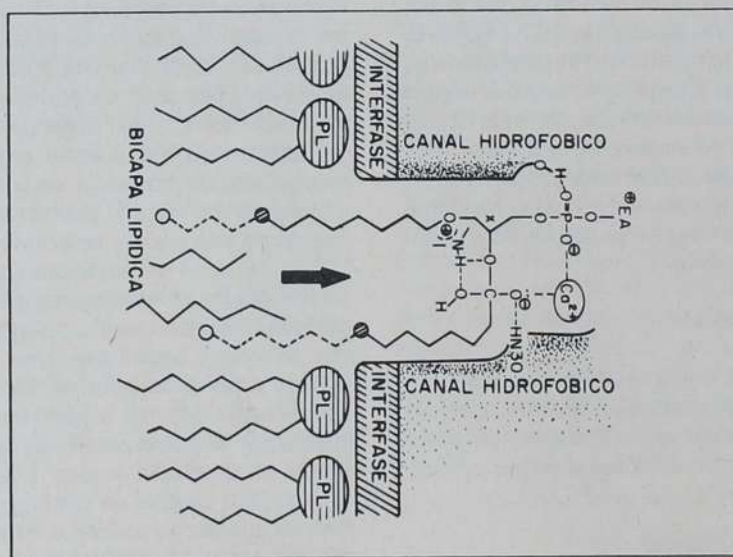
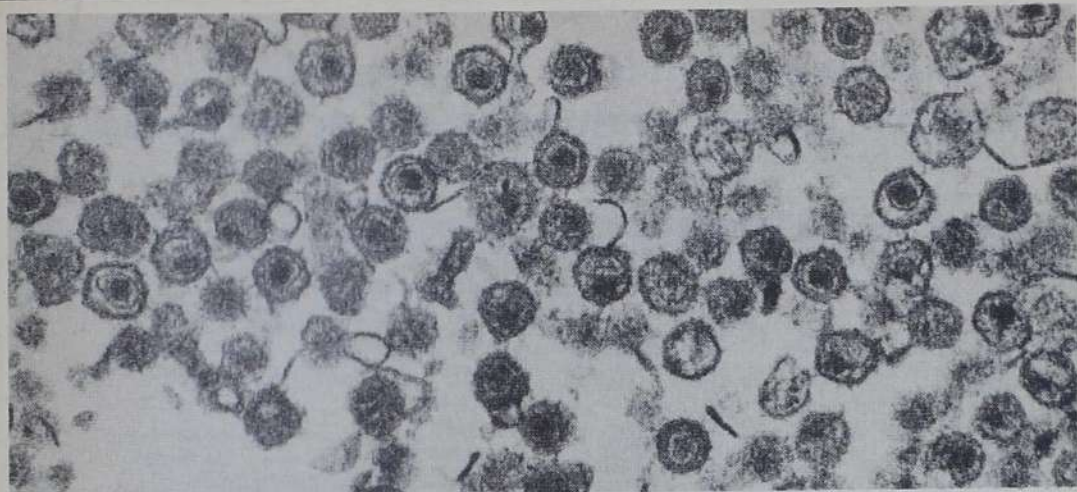


Figura 4. El modelo de Scott y colaboradores propone que por adsorción de la PLA₂ a la interfase lípido-agua, se delimita una ranura o canal hidrofóbico que facilita el desplazamiento de una molécula de fosfolípido hacia el sitio catalítico de la enzima.



bre el fosfolípido organizado en una interfase lípido-agua, a diferencia de cuando actúa sobre el sustrato momérico. Durante mucho tiempo se ha especulado si esta *activación interfacial* se debe a un cambio conformacional que podría sufrir la enzima al adsorberse a la interfase. Sin embargo, los hallazgos más recientes sugieren que un cambio conformacional como causa del fenómeno de activación es bastante poco probable, sobre todo porque la enzima es bastante rígida. Pero el que sí es flexible es el sustrato. Por tal razón se ha planteado que la flexibilidad del sustrato, al organizarse, daría lugar a una conformación del fosfolípido, óptima para la acción de la enzima. De manera que la *activación interfacial* de la PLA₂ sería un fenómeno aparente, que en realidad correspondería a que el sustrato agregado se ha vuelto más susceptible a la hidrólisis. Estudios cristalográficos recientes permiten plantear un modelo de catálisis interfacial en el que la geometría resultante de la adsorción de la enzima a la membrana da lugar a que se delimite una ranura o canal hidrofóbico que facilitaría la dislocación de una molécula de fosfolípido de la bicapa y su desplazamiento hacia el sitio activo de la enzima (figura 4). Todo esto, sin que se requiera suponer cambio conformacional alguno de la proteína.

Conclusiones

El conocimiento detallado de la acción catalítica de la PLA₂ requiere entender no sólo a la enzima, sino también al sustrato organizado. Cada vez cobra

más fuerza la hipótesis de que uno de los principales mecanismos regulatorios que operan sobre la PLA₂ está dado por la mayor o menor susceptibilidad a hidrólisis que presenta el fosfolípido de acuerdo a las peculiaridades de su organización en la interfase lípido-agua.

El disparo por esta enzima de la cascada de los eicosanoides, que tienen que ver con procesos inflamatorios y enfermedades como el asma, plantea como perspectiva interesante el diseño de inhibidores de la enzima. Los inhibidores podrían también llegar a tener uso terapéutico en el control de procesos necróticos como la pancreatitis aguda.

Bibliografía

- Achari, A., Scott, D., Barlow, P., Vidal, J.C., Otwinowski, Z., Brunle, S. y Sigler, P.B. (1987) *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* LII: 441-452.
- Davidson, F. y Dennis, E. (1990) *J. Mol. Evol.* 31: 228-238.
- Fernández, M.S., Mejía, R., Zavala, E. y Pacheco, F. (1991) *Biochem. Cell Biol.*, en prensa.
- Fernández, M.S., Mejía, R. y Zavala, E. (1991) *Biochem. Cell Biol.* en prensa.
- González, M.T. y Fernández, M.S. (1988) *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 151: 851-858.
- Jain, M.K. y Rogers, J. (1989) *Biochim. Biophys. Acta* 1003: 91-97.
- Scott, D.L., White, S.P., Otwinowski, Z., Yuan, W., Gelb, M.H. y Sigler, P.B. (1990) *Science* 250: 1541-1546.
- Van den Bergh, C., Slotboom, A., Verheij, H. y Dehaas, G. (1989) *J. Cell. Biochem.* 39: 379-390.

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI): reflexiones de un evaluador del área biomédica



Marcelino Cerejido

Puesto que pertenezco a la Comisión Evaluadora de Biomedicina del SNI, creo pertinente aclarar que mis opiniones no reflejan necesariamente las de mis colegas evaluadores. En segundo lugar, dada la disparidad de criterios e información sobre el SNI que tenemos los distintos investigadores, creo oportuno hacer previamente algunas consideraciones generales.

El Dr. Marcelino Cerejido es profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*. Su campo de investigación es la biología de membranas en células epiteliales cultivadas.

¿Por qué se necesita un SNI?

Si en un momento dado la sociedad decide modernizarse, fomentando para ello la ciencia, advierte que uno de los requerimientos iniciales es otorgar una compensación económica a sus buenos científicos para que se puedan dedicar exclusivamente a la investigación.

A primera vista esto se podría lograr incrementando el sueldo de todos los universitarios. Sin embargo, el personal docente de todas las universidades del mundo no incluye solamente investigadores con dedicación exclusiva, por cuatro razones. (1) una buena parte consiste en ingenieros, dentistas, abogados, arquitectos, químicos y econo-

mistas que dedican parte de su tiempo a enseñar, y aportan así una valiosísima e indispensable experiencia profesional, pero que por el hecho de ejercer esas profesiones en forma privada no suelen sufrir dificultades económicas tan graves. (2) Incluye también a profesionales que cumplen una serie de también indispensables labores técnico-administrativas dentro de la misma institución (directores, secretarios académicos, encargados de la difusión, de la escolaridad, etc.) y que tanto por su dedicación parcial o nula a la tarea de investigar como por recibir pagos adicionales por tales funciones, tampoco tienen la misma problemática de los investigadores con dedicación exclusiva. (3) Otros han abandonado temporalmente sus laboratorios y gabinetes para incorporarse a la esfera gubernamental. Finalmente (4) no faltan quienes han perdido interés por la investigación y tienen poco y nada que ver con ella.

¿Quién ingresa al SNI?

Así como el estado tiene la responsabilidad de cerciorarse de que quien va a manejar un avión con cuatrocientas personas a bordo, o que quien nos abrirá el abdomen con un cuchillo para extirpar medio metro de intestino esté capacitado para esas tareas, debe asegurarse también que quien recibe apoyo económico para investigar ofrezca garantías de saber hacerlo: debe evaluar.

Puesto que para evaluar hay que entender, el SNI ha dispuesto que al investigador lo evalúen sus propios colegas, procedimiento que constituye un enorme avance desde los días de los antiguos mecenas y duques graciosos que tenían en sus palacios a algún astrónomo o a algún botánico para que les clasificara las plantas de su jardín, o del profesor verticalista (el *patron* francés, el *boss* norteamericano, el *führer* alemán, el *capitanejo* latinoamericano), que hasta hace pocos años determinaba a su buen saber y entender quienes habrían de ser aceptados en su departamento, cuánto habrían de ganar, a cuales promovería, para qué estudios les daría dinero, quién habría de viajar al próximo congreso, dónde los enviaría a perfeccionarse. Pero, como veremos, a pesar de que la evaluación por colegas es por ahora la mejor forma que se tiene de hacerlo, está muy lejos de ser perfecta.

¿Son secretos los criterios evaluatorios SNI?

No. De ninguna manera. El Acuerdo de Creación del SNI del 26 de julio de 1984, que es un documento público, en su página 3 destaca con toda claridad que el SNI se establece para "...estimular a los investigadores de calidad notable, así como a los investigadores que se inician..."

Cierta vez, Aaron Katchalski tuvo que inaugurar en Cambridge, Massachusetts, el congreso de la International Union of Pure and Applied Biophysics del que era presidente, y se vio en la necesidad de definir qué es la biofísica. Confesó que le sucedía como con su mujer, pues podía contar su historia, describir sus cualidades y sus defectos, y distinguirla fácilmente de entre todas la mujeres de la Tierra... pero no aplicarle una definición.

Con los investigadores sucede algo análogo, ya que si bien es relativamente fácil distinguir a un investigador brillante y laborioso de un pelmazo haragán y destanteado, no resulta sencillo generar criterios universales. Clamar por que se definan y publiquen los criterios con que se califican y se evalúan las solicitudes es como exigir que el museo de bellas artes o el conservatorio de música declaren sobre qué bases considerarán "bellas" a una escultura o a una cantata, pues el número de trabajos, el número de citas, el número de discípulos y otros aspectos que suelen reflejar la calidad de un investigador, no son más que *guías orientadoras* para los evaluadores.

La evaluación de personas hecha por personas está expuesta a errores, recibe críticas, quejas y sugerencias, de modo que constantemente se hacen reajustes con la intención de optimizarla. Veamos algunos casos paradigmáticos¹ de ese interjuego entre criterios, excepciones, críticas, y reajustes que va forjando al SNI.

No hay criterios absolutos

En líneas generales, un investigador original y trabajador tiene más publicaciones y es más citado

¹Extractados de mi libro *Ciencia Sin Sesos, Locura Doble*.

que otro adocenado y perezoso. No hay duda que el número de artículos y de citas son índices valiosos. Sin embargo, se suele presentar el caso de nulidades cuyas numerosas citas corresponden a artículos que publicaron con su mentor allá en su juventud, o durante su beca en el exterior o sus estancias sabáticas y, por así decir, viven del pasado y de lo ajeno. Para evitar que el dinero del pueblo se malgaste en pagar a científicos por trabajo que ya no realizan, se da más peso a la producción de los últimos tres años y se mira con ojos más simpáticos a la hecha en México.

Resulta también que mientras hay científicos que trabajan con un par de colaboradores, y prefieren continuar con la elaboración de sus datos y teorías hasta tener algo significativo que decir, otros explotan a un enjambre de estudiantes y auxiliares técnicos, usan perennemente la misma preparación de batalla en la que van ensayando cuanto substancia aparece en el mercado o encuentran en los catálogos, y publican prácticamente un trabajo a la semana, sin una pizca de originalidad. Para tener en cuenta este asunto el SNI no sólo presta atención al número de publicaciones, sino también al número de citas. Pero tampoco este criterio es muy confiable, pues por un lado las citas arrecian dos o tres años después de una publicación y de la evaluación y, por otro, cuando se revisan las listas de los trabajos más citados se advierte que las encabezan los metodológicos y no necesariamente los que introducen ideas fértiles. Al respecto se cuenta que cierta vez, a principios de siglo, le comentaron a Arthur Eddington que la Teoría de la Relatividad de Einstein era tan compleja que en aquel momento sólo había tres sabios en el mundo capaces de entenderla, a lo cual el inglés preguntó: "Einstein... yo... ¿quién es el tercero?" De manera que si el apoyo que Einstein necesitaba hubiera dependido del número de citas bibliográficas a sus publicaciones, hubiera estado bien frito. A Gregor Mendel, padre de la genética, le hubiera ido mucho peor: ¿Quién le hubiera otorgado siquiera una miserable beca a un señor que, cuando muchacho, había fallado en los exámenes de biología y geología, que no tenía un título académico, un simple diplomita que presentar, y que a los sesenta años había publicado un simple articulillo que no mereció siquiera una autocita?

La comisión también ha observado que hay científicos como Radragaz, que tienen un aparato costoso, a veces único en el país. Cuando un colega tiene un problema cuya solución requiere de dichos equipos, le lleva una muestra a Radragaz, éste se la pasa a su auxiliar técnico para que realice las mediciones, luego comunica el dato a su colega... y pasa a firmar un trabajo más. Radragaz acumula así un frondoso currículum, recibe premios, puede presentarse a nuevos concursos en los que se cuenta el número de trabajos, el número de premios... y se lo vuelve a premiar por sus muchos trabajos y sus numerosos premios.

Así y todo algunos evaluadores del SNI advierten que Radragaz no parece tener una línea de trabajo propia, pues sus artículos versan sobre tantos temas como colegas de diversas ramas le hayan llevado muestras, y lo recortan a su verdadera medida. Pero si se menosprecia a quienes no conservan una línea de trabajo, se puede perjudicar a quienes aceptan el reto de innovar y ensayar nuevos enfoques.

También se presenta el caso de las "manos derechas". Se trata de investigadores segundones, a veces buenos ex-auxiliares transmutados en profesores al vapor, que ejecutan los proyectos generados por sus maestros mientras éstos atienden cargos administrativos o políticos. Estos técnicos convertidos en profesores suelen actuar como la mano derecha del jefe, pero no como el lóbulo izquierdo de su cerebro y llegan a tener una producción mayor que la de investigadores más creativos y trabajadores que ellos, pero que trabajan de manera independiente. A primera vista resultaría simple establecer normas adicionales para premiar la independencia (de hecho se hace), pero en la práctica esto ha llevado a que los investigadores opten por transformarse en lobos solitarios, no integren equipos, no colaboren dentro de un núcleo multidisciplinario, y opten por duplicar gastos para tener sus laboratorios, sus aparatos, su personal. En un momento en el que los terrenos más fértiles son los interdisciplinarios (en realidad siempre lo han sido), esta práctica resulta pernicioso.

Para evitar este último inconveniente y concentrar el apoyo sobre investigadores originales que trabajan en equipo, la comisión ha tomado

como signo de independencia el hecho de que el investigador en cuestión haya formado algún discípulo, criterio que se reduce a demostrar que ha dirigido alguna tesis. Pues bien, eso ha lanzado a muchos investigadores a dirigir de a diez "tesis" a la vez. Lejos de evitar esta estafa al SNI y este engaño al muchacho que confía en estar formándose, las universidades le otorgan al "maestro" un puntito por cada uno de esos engendros, que tiene valor para fines burocráticos, pero por supuesto no para los evaluadores del SNI.

También se presenta el caso del científico relacionado: Fernández. El doctor Fernández estuvo becado en un prestigioso laboratorio de Heidelberg y publicó un par de artículos de cierta relevancia, con los que logró ser aceptado como investigador visitante en Harvard, sobre todo porque su sueldo era pagado por México. Publicó allí otro par de artículos, regresó a México y lo primero que hizo fue invitar a sus colegas de Heidelberg y de Harvard. En seguida fue de sabático a Princeton, ayudó en cierto proyecto y firmó otro artículo. Regresó nuevamente, organizó un simposio al que invitó a los de Heidelberg, Harvard y Princeton, no descuidó el aspecto turístico... ¡y ahora sí que Fernández, quien a pesar de sus 48 años jamás fue un investigador independiente, circula como el *globetrotter* que cada tanto invita a sus cuates a México! Estos no tienen más remedio que invitarlo luego en reciprocidad y, aunque casi nunca está en su laboratorio porque siempre anda de viaje, ¡tiene antecedentes de sobra!

Otra clase de problema aparece cuando un investigador fértil y creativo a lo largo de treinta años tiene de pronto una afección cardíaca o artrítica, sufre un accidente, una desgracia en su familia, o algún otro trastorno que reduce su productividad. Por un lado resulta muy cruel rebajarle la compensación que le da el SNI, y por otro, la sociedad no puede desperdiciar a un científico de tanta calidad. Para evitar estos perjuicios el SNI está por crear la posición de Investigador Emérito.

Para alcanzar el número de artículos necesarios para ser aceptados o promovidos, a veces los científicos recurren a la creación de revistas locales, que publican cuanto engendro se les envíe. Las comisiones evaluadoras dan entonces más pe-



so a las publicaciones internacionales, criterio que resulta aceptable para investigadores de disciplinas tales como fisiología, biología celular, micología... pero que trae nuevas discordias, pues a las revistas internacionales les interesan un bledo los artículos referentes a la contaminación del río Papaloapan con los detergentes y tóxicos que desecha una industria, pero que pueden así y todo matar adultos, malformar niños y desertificar la zona. De modo que hoy varias universidades están desviando sus recursos hacia la fundación de revistas *icon comité editorial!*

A diferencia de lo que sucede con los científicos de las ramas un tanto "duras" (química, cristalografía, genética), Lípiz, investigador en ramas más humanísticas (salud pública, sociología, antropología, psicología) puede publicar artículos para el gran público en revistas y diarios locales, pues si bien nadie sabe qué demonios es la hidroxiapatita o los bosones, cualquier ciudadano puede leer un artículo periodístico sobre el alcoholismo, la desertión escolar o la pareja. De pronto Lípiz descubre que hasta puede tener una columna estable en un periódico de gran circulación y, con suerte, una audición radial a la que invita a sus colegas de las ciencias blandas, a los de las duras y a los funcionarios que necesitan incrementar su visibilidad. ¡Menudo bochinche se arma cuando las comisiones evaluadoras dictaminan que los artículos y

contribuciones de Lópiz no contienen dato original alguno y los desconocen!

Por fin, hay investigadores como Gonzóloz, que traen a colación su carencia de medios. Es como si, caricaturizando despiadadamente esta situación, se contemporizara "dos más dos le dio siete, pero es que carece de calculadora". Desgraciadamente, no se puede corregir un problema científico con una comprensible pero inaceptable excusa socioeconómica. Es imprescindible que se remedie este problema, pero no es el SNI el facultado para hacerlo.

No falta quien lamente que, al establecer niveles (C, 1, 2, 3) se humilla a los investigadores. Pero un estudio hecho en los años sesenta en la Argentina mostró que el nivel en el que se califica a un investigador guarda estrecha relación con su edad, pues tal como cabía esperar, a medida que el investigador progresa en edad acumula méritos y por lo tanto asciende en su carrera, y así como un alumno del colegio secundario *no* es un universitario de tercera categoría ni un niño de kinder uno de sexta, un investigador del nivel C puede ser un joven brillantísimo, y por el contrario uno del nivel 3 puede ser un ruco a punto de ser defenestrado.

Algunas consecuencias del SNI

(a) Puesto que, como dice la antropóloga social Larissa Lomnitz, el ser científico depende en último término del ser reconocido como tal por sus colegas (en este caso las comisiones del SNI) muchos científicos descubrieron de pronto que no eran tan excelsos como sus laureles y cargos públicos les habían llevado a suponer. Por suerte, la mayoría se ha sacudido el polvo y las telarañas, se ha ido de sabático para reactivar su sapiencia, ponerse al día, incorporar nuevas metodologías y enterarse de los enfoques modernos. Sin duda se trata de un efecto positivo del SNI.

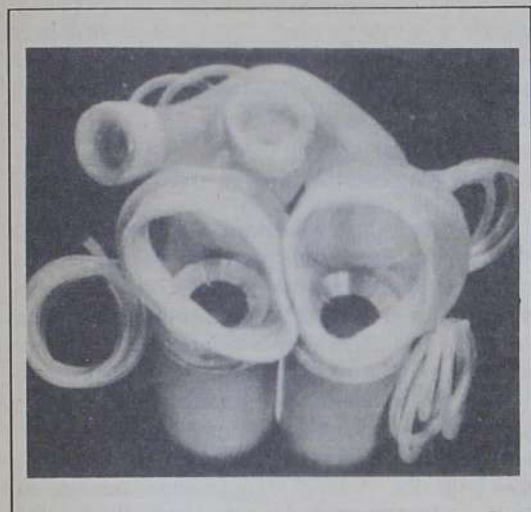
(b) Ha aparecido un nuevo tipo de colaboración internacional: para no caerse del SNI, Rumúruz va dos meses por año a algún laboratorio-madrina en el exterior, y lo que hace allí, más lo que completa luego acá con sus discípulos, lo mantiene

activo y al día. Desde mi punto de vista, Rumúruz representa al menos un avance con respecto al profesor vagoneta y desactualizado.

(c) Correlativamente, ha aparecido también un nuevo tipo de dirección de tesis: consiste en enseñarle el ABC de un tema a un muchacho, obtener tres o cuatro resultados, conseguirle una beca (de fuentes locales) que un colega del exterior le complementa con dinero de su donativo, y enviarlo a trabajar con éste por un par de años. El alumno luego regresa para presentar aquí sus resultados en forma de tesis y... todos contentos: (1) el muchacho recibe una maestría o un doctorado, un entrenamiento aceptable, y hace alguna publicación; (2) el colega del exterior recibe ayuda técnica a muy bajo costo y con suerte un buen colaborador; (3) el investigador local muestra haber "dirigido" una tesis, con suerte va incluido en una publicación y progresa en el SNI; y... (4) a mí también me satisfacen las tesis locales "made in USA", sobre todo si comparo esta situación con la alternativa.

(d) A su vez, los jóvenes ya no buscan como mentor al patrón influyente, ni al cuate de pic-nics y celebraciones, sino al investigador productivo. También evitan al "maestro" que retiene a los tesisistas ocho años de auxiliares técnicos esclavos sin un artículo que mostrar y sin graduarlos. Con su clarísimo mensaje —¡Muévete Maestro!— los jóvenes se han transformado de pronto en un catalizador de la actividad científica.

(e) Una consecuencia negativa y alarmante del SNI es que en estos momentos, una buena parte de los científicos están reorientando desesperadamente su actividad para acomodarla a los *supuestos* criterios de evaluación, y se les va tiempo, esfuerzo y entusiasmo en cumplir con ellos para subir un escalón y ganar un indispensable peso más: (1) fundan revistuchas locales para poder tener publicaciones; (2) raptan niños sin la menor preparación de las licenciaturas para meterlos directamente a hacer doctorados; (3) tienen publicaciones tipo Alí Babá y los Cuarenta Ladrones (se asocian para que cada artículo del Departamento lo firmen todos), y (4) no se embarcan en ideas y proyectos osados por temor a no tener luego publicaciones que mostrar.



(f) Más alarmante aún es que a veces los mismos evaluadores creen en la infalibilidad de los criterios basados en el número de trabajos, de citas, de tesis (México tiene un término acertadísimo: *cuentachiles*). Pero si cae en mis manos el informe de un señor con doscientos trabajitos de media página en la revista de su propia institución, y que en sus 52 años no ha recibido una sola cita, es decir, que ni él ni su producción han sido advertidos por sus pares, tiendo a proponer que se lo elimine del SNI. Si, en cambio, en sus 52 años de edad un investigador tiene apenas seis trabajos publicados (como está la cosa esto resulta realmente muy bajo) pero cada uno tiene un desarrollo teórico, incluye el diseño de una técnica especial para manejar el problema en cuestión y el conjunto ha merecido ochocientas citas, no dudo en proponer que se lo promueva.

(g) Muchas veces los jóvenes claman porque se integren las comisiones evaluadoras con investigadores principiantes. Si bien estamos de acuerdo que las comisiones evaluadoras cometen errores, advertimos que se intenta evitarlos controlando la ética del proceso. El problema es real y apabullante, pero no parece adecuado reemplazar los criterios sobre el mérito científico, con una lucha de tironeos éticos. Si no se está de acuerdo con la caducidad moral de un evaluador, o se le comprueba un desliz en su dictamen, se lo podría llegar a despedir, lapidar, ahorcar, pero así y todo no se corregiría nada exigiendo que semejante sujeto se

atenga a un ridículo sistema de puntitos, que en el mejor de los casos refleja, sugiere, pero no mide nada.

Por suerte, como acabamos de ver, cuando los comités evaluadores advierten las consecuencias adversas de una norma, o éstas les son señaladas por la crítica, se apresuran a adoptar medidas tendientes a mejorarla. Es por eso que la comunidad científica debe analizar seriamente los puntos de vista y proponer modificaciones maduras. Las protestas de los doloridos conmueven, pero no ayudan, pues si hablan de *élites* para referirse a los miembros del SNI que fueron aceptados tras cuidadosa y consciente evaluación, y si llaman *discriminación* a un simple y llano rechazo, no hacen más que apelar al impacto emocional de dichas palabrejas.

Mis propias objeciones y comentarios

(1) Algunos evaluadores nos apegamos a la filosofía con que fue creado el SNI, de manera que tendemos a aceptar y promover solamente "...a investigadores de calidad notable, así como a los investigadores que se inician" que estipula el Acuerdo de su creación. Otros colegas aceptan en cambio a todo aquel a quien no se le puede demostrar que no es investigador, a pesar de que apeste a mediocridad. En mi manera de ver, esta práctica es por demás pernicioso, pues ha dado lugar a lo que el fisiólogo Pablo Rudomín llama "hotelitos científicos", institutos y centros de morandanga que parecen decir "Si mis investigadores necesitan equipos y sustancias para investigar... que los soliciten al CONACYT; si necesitan sueldos que los pidan al SNI", y abandonan su responsabilidad de promover la investigación, integrar grupos de trabajo, equiparlos, crear facilidades para el desarrollo de la ciencia, y formar recursos humanos que luego sean en serio aceptables para el SNI. Otros por suerte cuentan con el CONACYT y el SNI además y no en vez de sus propios recursos y planes para apoyar su ciencia.

El desconocimiento del requisito de *notabilidad* que con toda claridad especifica el Acuerdo, y

la aceptación en el SNI de todo aquel a quien no se le puede demostrar que NO es un investigador de calidad, a la larga nos perjudica a los mismos investigadores, pues hoy en día cobramos nuestros salarios por mitades: una mitad en el lugar de trabajo y otra en el SNI. Para referirse a este hecho infortunado y a que para peor la compensación que otorga el SNI no tiene previsión social alguna (jubilación, aguinaldo, etc.), el neurobiólogo René Drucker Colín la llamó "tortibonos para investigadores".

(2) Ser científico no se reduce a saber operar un aparato y medir cosas, sino que implica tener cierta visión del mundo. El verdadero científico debe dedicarse *exclusivamente* a la investigación, condición que no se refiere para nada al número de horas que está en su laboratorio, sino a que sea científico hasta cuando está en un baile. Sin embargo, hoy pueden pertenecer al SNI universitarios que no se dedican en forma exclusiva a la ciencia, o aun quienes tienen funciones que obviamente les impiden dedicar a la investigación aunque sea un 30% de su tiempo. Hay casos en los que resulta claro que incluso este 30% es mutilado por llamadas de teléfono, visitas y firmas de documentos sin relación con el problema en estudio, amén de que si una autoridad superior requiere verlo, el asunto que se investiga pierde toda prioridad. Hay quienes ven en la falta de exigencia de dedicación exclusiva, una enfermedad grave que podría acabar con el SNI o mermar el apoyo que otorga hasta convertirlo en un complemento intrascendente. No falta tampoco quienes piensan que esta deplorable situación no se debe a investigadores que desean dedicar parte de su tiempo a otras cosas, sino a gente que hace otras cosas pero quiere cobrar una suma adicional pasando por investigadores.

(3) Por suerte, hasta donde estoy enterado, no ha aparecido en el SNI una "comisión basurera" como las que brotan en otros países. Suele tratarse de interdisciplinas, o de ramas de las que hay muy pocos especialistas en el país; se recurre entonces a integrarlas con evaluadores que ya no son científicos, sino funcionarios, que lo primero que hacen es encontrar que ellos mismos son del máximo nivel, y claro... con esa escala cualquiera ingresa. Los rechazados por una comisión encuentran mayor laxitud en esta "comisión basurera", esto des-

ciende aun más su nivel, hasta que finalmente se llega a una situación escandalosa por la que se juzga y se vilipendia a todo un sistema.

Una sugerencia que no prosperó

La mayoría de los evaluadores del Área Biomédica damos primerísima importancia a los artículos originales en revistas de categoría y a las citas que reciben, pues es una forma de incorporar a nuestra comisión evaluadora a los *referees* que juzgaron los trabajos para su publicación, a los comités editoriales de las revistas que los aceptaron, y a toda la comunidad científica nacional e internacional que los leyó y encontró citables. Consideramos que todo otro material complementa, pero no su planta a la originalidad y a la productividad. Por supuesto que hay artículos de revisión, capítulos de libros, premios y conferencias prestigiosas (la Rosenblueth, la Harvey, la Dunham) que demuestran que el trabajo de un investigador es de calidad pero, irónicamente, quienes reciben dichos premios y son invitados a dar dichas conferencias no son los que necesitan que se les confiera "un puntito" por tales premios y participaciones, pues tienen artículos originales de sobra. Los libros de texto, los de divulgación, las tesis, casi no tienen peso, pues si las tesis son de real calidad, ya se ven reflejadas en los buenos artículos originales que emanan de ellas.

La participación en congresos puede llegar a ser incluso un elemento *en contra* del evaluado. Así, cuando uno revisa un informe con 128 *abstracts*, y sólo tres artículos en serio, tiene la molesta sensación de que el dinero que México cree estar dedicando a la ciencia se está usando en cambio para promover el turismo.

Con base en estas opiniones, nuestra comisión había aconsejado que, para facilitar la evaluación (para hacerla menos propensa a errores humanos), los investigadores se abstengan de incluir en sus solicitudes e informes las copias de los trabajos en revistas sin comité editorial, los ejemplares de las tesis que dirigieron, los *abstracts* de trabajos que presentaron en congresos, las guías y apuntes de clase, los informes técnicos semestrales sobre proyectos costeados por el CONACYT o insti-

tuciones similares, y toda otra hojarasca que suele formar la mayor parte de los informes de los malos investigadores (en realidad, cuando un informe tiene tres cajas llenas de esas cosas cunde la sospecha). Por razones que escapan a nuestra comprensión, no sólo no se atendió a nuestra recomendación, sino que se instauró un infortunado sistema de diskettes cuyo llenado primero le quitó demasiado tiempo a los investigadores, y ahora dificulta, confunde y demora el proceso evaluatorio.

Comentarios finales

(1) No hay país alguno del Primer Mundo cuyas comisiones evaluadoras especifiquen sus criterios. Las fundaciones Guggenheim, MacArthur, Rockefeller, Volkswagen, el British Council, la Humboldt y otras que conozco directa o indirectamente se esmeran en convocar a un buen conjunto de evaluadores, y luego confían en sus dictámenes. México no es (aún) un país del llamado Primer Mundo, pero realiza un esfuerzo en serio por desarrollar un aparato científico-técnico-productivo y progresar; por dicha razón debe velar por que sus comisiones estén integradas por científicos activos, y continuar evaluando sin perder discernimiento ni nivel.

Uno podría decir "Muy bien, comprendo la necesidad de buscar con lupa al científico brillante y ayudarlo, pero ¿por qué ese esmero en eliminar al mediocre?". A este respecto, el físico Luis de la Peña suele usar una analogía pertinente: "Si quisiéramos aumentar instantáneamente la estatura promedio del mexicano —dice— bastaría con matar a los chaparros. Pero ¿no sería más justo comenzar a alimentar a todos para que crezcan?" y, abandonando ya la analogía, propone "¿Por qué el SNI no se preocupa de todos los investigadores y trata de ayudarles?"

La respuesta es compleja, pero creo que al menos incluye dos argumentos. (1) Hay un adagio que reza "El que comienza siendo bueno con los malos, acaba siendo malo con los buenos". Basta recordar las condiciones de vida de los tarahumaras o de ciertos oaxaqueños para comprender que, tal como estipula el Acuerdo de su creación, el SNI debe asegurarse de que cuando le da dinero a un investigador, es porque la cantidad y calidad de su

labor lo amerita. (2) Tradicionalmente, y que yo sepa hasta ahora nadie las ha relevado de su responsabilidad, son las universidades las que deben esmerarse porque, en primer lugar los jóvenes accedan a la ciencia, y en segundo porque, ya formados, tengan un entrenamiento, una infraestructura, y los recursos y salarios adecuados para trabajar en serio y progresar. El usar al SNI como excusa para desentenderse de estas obligaciones es simple y redondamente una estafa.

(2) Como hemos tratado de ilustrar, el SNI es un sistema fluidamente dinámico, que va adaptando sus criterios y por lo tanto se beneficia con la crítica y el consejo de la comunidad. Sus evaluadores comen juntos, conversan con los de otras comisiones, regresan con sugerencias; sus autoridades y empleados de apoyo recogen opiniones, recopilan datos comparativos, transmiten inquietudes, nos hacen llegar las quejas que reciben y proponen mejoras (aunque... a veces introducen diskettes). Sólo aquellos que desconocen la naturaleza de la ciencia y la investigación creen tener criterios indiscutibles; el resto se devana los sesos por proponer mejoras y optimizar el SNI.

(3) La comunidad científica debe velar por que este instrumento de progreso que acaba de forjar la sociedad mexicana corrija sus errores, se perfeccione, no dé lugar a hotelitos científicos, no se contamine con las trapacerías de los Radragaz, Fernández, Lópiz, Gonzóloz y Rumúruz, no se contamine con "sabios *part-time*", y consiga que, como propone Julio Muñoz (*La Jornada*, agosto 5 de 1991), se aproveche la exhaustiva evaluación de cada investigador que hace el SNI para otorgarle apoyo económico para esa misma tarea, sin otro burocratazo que le exija presentar una y otra vez todo el fárrago informativo. Esto evitaría de paso que pierda tiempo en evaluarlo quizás el mismo cuerpo de personas, sólo que sentados en otras sillas, rodeando distinta mesa, en distinta institución estatal, pero del mismo México que necesita agilizarse y progresar.

Permítaseme reiterar que estos comentarios se reducen a la labor de la comisión de biomedicina, pueden no ser adecuados para otras ramas de la investigación y, en el mejor de los casos, solo reflejan mis opiniones personales.



noticias del centro

El CONACyT aprobó todos los programas de posgrado del CINVESTAV



Con el objeto de canalizar los apoyos que otorgará el CONACyT dentro de sus Programas de Fortalecimiento del Posgrado Nacional y de Becas Nacionales, este consejo integró un comité de reconocidos investigadores nacionales con el fin de constituir el *Padrón de Instituciones con Posgrado de Excelencia*. De acuerdo con este padrón, los programas de posgrado nacionales quedaron clasificados en tres grandes grupos: Programas de Excelencia, programas que recibirán apoyo condicionado y programas no aprobados. Todos los programas de posgrado que el CINVESTAV ofrece fueron considerados de excelencia. Como consecuencia inmediata se agilizará el trámite de las solicitudes apoyadas por el Cinvestav ante el CONACyT en los rubros de becas de posgrado, apoyo a la infraestructura experimental y contratación de profesores visitantes.

En la actualidad, el CINVESTAV cuenta con 500 estudiantes de maestría y 162 de doctorado, con una planta de 437 investigadores, 235 de ellos con doctorado, 183 con maestría y 19 con licenciatura. En sus 30 años de existencia, el CINVESTAV ha otorgado 298 grados de doctorado y 1362 grados de maestría. Ofrece 14 programas de maestría (M) y 12 de doctorado (D) distribuidos de la siguiente manera:

Ciencias biológicas y de la salud: Biología Celular (M,D); Patología Experimental (M,D); Bioquímica (M,D); Farmacología, Toxicología (M,D); Fisiología, Biofísica, Neurociencias (M,D); Ge-

Notas Breves



El **Dr. René Asomoza Palacio**, profesor titular de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica, obtuvo el Premio de Investigación Científica y Tecnológica 1991, otorgado por primera ocasión por la Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío (SMCSV). Este premio se concede a investigadores que hayan destacado en las áreas de interés para la SMCSV: superficies, interfaces, películas delgadas de usos ópticos, eléctricos y semiconductores, métodos de caracterización y de depósito de películas delgadas. El **Dr. Asomoza Palacio** recibió el premio por sus aportaciones en el estudio de las películas delgadas de materiales semiconductores policristalinos y amorfos. El premio fue entregado en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, sede del congreso nacional de dicha sociedad correspondiente al presente año. El **Dr. Asomoza Palacio** es físico egresado de la ESFM-IPN y obtuvo su doctorado en la Universidad de París XI. Se incorporó al Departamento de Ingeniería Eléctrica en noviembre de 1980 y es miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*.



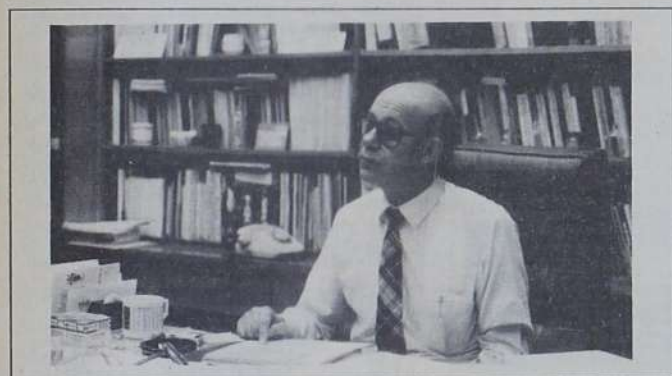
nética, Biología Molecular (M,D); Biología Vegetal (M,D); Biología Marina (M,D).

Ciencias Exactas: Física (M,D); Matemáticas (M,D); Química Orgánica, Físico-química (D); Física Aplicada (M).

Ciencias sociales y humanidades: Investigaciones Educativas (M); Matemática Educativa (M,D).

Tecnologías y ciencias de la ingeniería: Biotecnología, Bioingeniería (M,D); Ingeniería Eléctrica (M,D); Metalurgia no Ferrosa (M).

Pedro Joseph Nathan, Premio Luis Elizondo 1991



El Premio Científico Luis Elizondo 1991 fue otorgado al Dr. Pedro Joseph Nathan, profesor titular del Departamento de Química del CINVESTAV. Este premio se otorga anualmente a un científico mexicano que se haya distinguido por sus aportaciones en el ámbito internacional. En esta ocasión el premio fue otorgado en el área de las ciencias exactas (Física, Química, Matemáticas). El premio es auspiciado por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

El premio fue concedido al Dr. Joseph Nathan por sus aportaciones en el estudio químico de plantas tóxicas y medicinales, como la tullidora y la raíz de pipitzahuac, así como por sus contribuciones en el campo de la resonancia magnética nuclear. El Dr. Pedro Joseph Nathan realizó sus estudios profesionales (Químico, 1963; Ingeniero Químico 1964) y de posgrado (Doctor en Ciencias, Química, 1966) en la UNAM. Se incorporó a la planta de investigadores del Departamento de Química del CINVESTAV en 1966. Tiene más de 160 publicaciones científicas y ha dirigi-



El Dr. Octavio Paredes López, profesor titular de la Unidad Irapuato del CINVESTAV, fue designado presidente del Comité Técnico del Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos que es financiado por la empresa coca-cola.

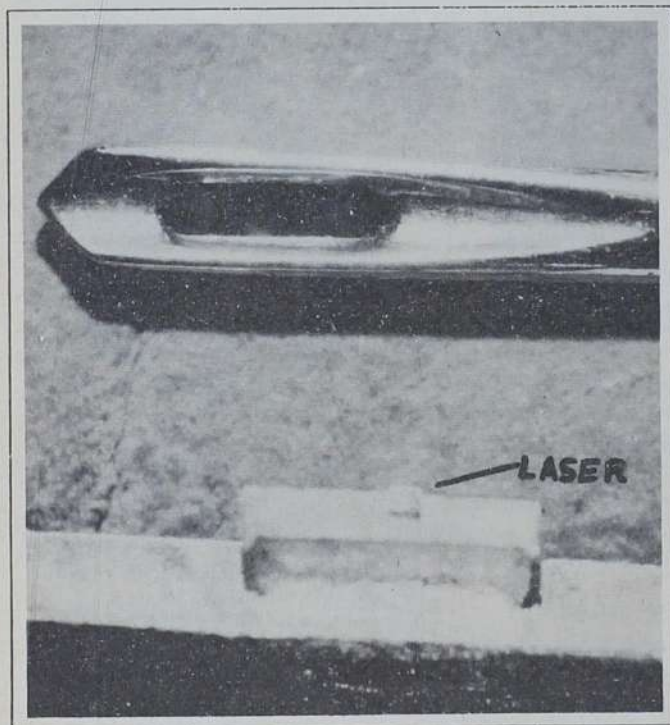


La Sociedad Mexicana de Física otorgó una de sus tres Medallas Académicas 1991 al Dr. Gerardo Torres del Castillo, investigador del Instituto de Ciencias de la UAP y egresado del Departamento de Física del CINVESTAV, por su brillante trabajo en las áreas de investigación, docencia y formación de recursos humanos.

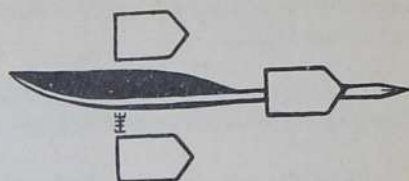


do más de medio centenar de tesis de licenciatura y posgrado. Ha recibido un número impresionante de reconocimientos académicos nacionales e internacionales (véase *Avance y Perspectiva*, Núm. 38, 31, 1989), siendo el más reciente el de la Excelencia en Publicaciones en Ingeniería Química 1990-91 otorgado por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Es Investigador Nacional, Nivel III, y pertenece actualmente a la Comisión Evaluadora del SNI en el área de las ciencias biológicas y de la salud. Es, además, el autor de la primera patente registrada en los EUA por un investigador del CINVESTAV: la síntesis del compuesto indorrenato, fármaco anti-hipertensivo de comprobada efectividad en seres humanos.

Investigadores del CINVESTAV desarrollan láseres semiconductores por primera vez en México



Los doctores Julio Mendoza Alvarez y Gerardo Torres Delgado, ambos profesores del Departamento de Física del Cinvestav y el primero también Secretario Académico de nuestra institución, lograron desarrollar en su laboratorio, y por primera vez en México, láseres semiconductores que operan de manera exitosa. Estos



La II Escuela Latinoamericana de Física Aplicada (ESLAFA) se celebró del 29 de julio al 2 de agosto de 1991 en Cancún, Q. Roo, en honor del **Dr. Jorge Helman**, investigador del Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) en Río de Janeiro, Brasil, y quien formara parte de la planta de investigadores del Departamento de Física del CINVESTAV entre 1972 y 1982. Participaron 17 investigadores nacionales y del extranjero como ponentes y alrededor de 200 estudiantes. Se cubrieron tópicos sobre comunicaciones ópticas, aplicaciones de superconductores de alta T_c , ingeniería nuclear, industria metalúrgica, industria química, redes neuronales y sus aplicaciones, así como mecanismos de control de información en el sistema nervioso. Esta reunión se organizó para celebrar el xxx aniversario del Departamento de Física del CINVESTAV y de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN.



dispositivos optoelectrónicos, también conocidos como diodos láser, son elementos claves para desarrollar tecnología utilizada en el área de la informática —detectores de infrarrojo, guías de onda (fibras) ópticas, circuitos integrados optoelectrónicos, almacenamiento de información en discos compactos—, así como aplicaciones biomédicas —terapias desinflamatorias y tratamientos dermatológicos—.

Los diodos láser desarrollados en el laboratorio de los doctores Mendoza Alvarez y Torres Delgado tienen dimensiones de 0.3 mm de largo, 0.2 mm de ancho y 0.1 mm de espesor (foto anexa). Emiten una radiación óptica con longitud de onda de más 0.88 micras en la región infrarroja y operan con niveles de densidad de corriente de 2000 amperes por centímetro cuadrado a temperatura ambiente.

Donativo de la Fundación Howard Hughes a investigadores del CINVESTAV

La Fundación Howard Hughes de los EUA otorgó un donativo de 5 millones de dólares a diez investigadores mexicanos, cinco de ellos del CINVESTAV y cinco de la UNAM, en el área de las ciencias biomédicas. Los investigadores del CINVESTAV son: Dr. Gabriel Cota (Fisiología, Biofísica y Neurociencias), Dr. Alberto Darszon (Bioquímica), Dr. Gabriel Guarneros (Genética y Biología Molecular), Dr. Luis Herrera Estrella (Ingeniería Genética de Plantas), Dra. Ma. Esther Orozco (Patología Experimental). El apoyo otorgado a los investigadores del CINVESTAV será de 2.5 millones de dólares en un lapso de cinco años.

Visita de Herbert C. Brown

El Dr. Herbert C. Brown, investigador de la Universidad de Purdue, EUA, y distinguido con el Premio Nobel de Química 1979, visitó al Departamento de Química del CINVESTAV del 6 al 9 de agosto de 1991. Su visita estuvo comprendida dentro de las actividades desarrolladas en el Coloquio de Química del Boro, organizado por el CINVESTAV, la Academia de la Investigación Científica (AIC), la Academia Mexicana de Química Inorgánica (AMQI) y los Laboratorios Syntex. El 6 de agosto el Dr. Brown fue admitido como miembro correspondiente de la AIC en una ceremonia especial celebrada en el auditorio Arturo Rosenblueth del CINVESTAV.



En memoria de **Alejandra Jaidar** y en reconocimiento a su labor como divulgadora y promotora de la difusión de la ciencia y la tecnología, la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT) ha establecido el *Premio Nacional de Divulgación de la Ciencia*. Este premio será individual y constituye un reconocimiento a la obra destacada realizada en México en el campo de la divulgación de la ciencia y la tecnología. El premio es anual, constará de 10 millones de pesos y diploma, y está auspiciado por el CONACYT y la UNAM. La fecha límite es el 10 de diciembre. El resultado de la premiación correspondiente al presente año se dará a conocer en marzo de 1992. Entre otras actividades de difusión, Alejandra Jaidar impulsó la publicación de la serie *La ciencia desde México* por el Fondo de Cultura Económica.





Lamentamos el deceso del Dr. Francisco Mejía Lira en un accidente automovilístico ocurrido el 19 de septiembre de este año. El Dr. Mejía Lira, colaborador de *Avance y Perspectiva*, obtuvo su grado de Doctor en Física en el Departamento de Física del CINVESTAV. Hasta antes de su muerte laboraba en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El coloquio sobre el boro tuvo 150 participantes y como ponentes fungieron además: Dra. Rosalinda Contreras, Dra. Angelina Flores Parra, Dr. Norberto Farfán, Dra. Angeles Paz-Sandoval, por parte del Cinvestav, Quím. Armando Ariza, Quím. Itzia Irene Padilla, M. en C. Hugo Tlahuext, por parte de los Laboratorios Syntex.

Graduados entre julio y septiembre

Maestros en Ciencias

Ranulfo Lemus Olalde. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 15 de agosto. Crecimiento de *Phormidium* sp. en un reactor tipo carrusel utilizando residuos procinos digeridos aerobícamente. Asesor: M. en C. Rosa Olivia Cañizares Villanueva.

Justo Abelardo Tepal Chale. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 24 de septiembre. Detoxificación de semillas de *Canavalia ensiformis* para la alimentación de pollos de engorda. Asesor: Dr. Rutilo Catellanos Molina.

Martín Martínez Rosas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 31 de julio. Modulación de los canales de potasio del músculo esquelético de anfibio por agonistas adrenérgicos y segundos mensajeros. Asesor: Dr. Jorge Alberto Sánchez Rodríguez.

Guillermo Martínez López. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 8 de agosto.

Diseño y construcción de un auxiliar auditivo portátil tipo caja para pacientes hipoacúsicos. Asesor: M. en C. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez.

Antonio Santiago Rojas Salinas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 1 de agosto. Diseño y construcción de un sistema de medición de calcio en una fibra muscular esquelética mediante fotodetección. Asesor: M. en C. David Elias Viñas.

José Alejandro Rodríguez Polo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 6 de septiembre. Sistema digital para electrocardiografía clínica: diseño y construcción de la instrumentación para adquisición, almacenamiento y análisis. M. en C. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez.

Emilio Esparza Coss. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 16 de julio. Decaimiento K... en un modelo de mezclas débiles para mesones. Asesor: Dr. Augusto García González. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Gilberto Silva Ortigoza. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 4 de septiembre. Campos de Rarita-Schwinger sobre las geometrías de Kerr-Newman y Reissner-Nordstrom. Asesor: Dr. Gerardo Francisco Torres del Castillo. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Héctor Hugo García Compean. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 13 de septiembre. Sobre la estructura topológica y geométrica del monopolio de Dirac. Asesor: Dr. Miguel Sokolovsky. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Manuel Gerardo Rosales González. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 23 de agosto. Estudio del efecto de los agonistas glutamatergicos sobre la liberación de dopamina en el estriado de la rata no anestesiada utilizando microdiálisis cerebral. Asesor: Dr. Daniel Martínez Fong. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Vicente Baca Ruíz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Genética. 31 de julio. Expresión fenotípica de la resistencia a la lisis por complemento en varias generaciones clonales en *Entamoeba histolytica*. Asesores: Dra. María Esther Orozco Orozco y Dr. Jesús Calderón Tinoco. Se reincorporó al Centro Médico la Raza del IMSS.

Fernando Fernández Fernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 9 de agosto. Estudio de la complejidad de varios algoritmos para la extracción de los parámetros LSP. Asesores: M. en C. Fernando Ramírez Mireles y Dr. Jean Marc Boucher. Se incorporó a la planta de profesores del ITAM.

Joaquín Salas Rodríguez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 16 de agosto. Una solución al problema de la correspondencia en un par estéreo utilizando descriptores de curvas. Asesor: Dr. Sergio Víctor Chapa Vergara. Se integró a la planta de profesores del ITESM, Unidad Querétaro.

María Guadalupe Díaz Tepepa. Maestro en Ciencias en la especialidad de Educación. 12 de agosto. El saber técnico en la enseñanza agropecuaria. Asesor: Dr. Eduard Johann Weiss Horz. Se

reincorporó a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria de la SEP.

María Cristina Treviño Emanuelson. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 25 de julio. La enseñanza de las matemáticas en el área de ciencias de la salud: análisis, diseño y propuesta de programa para el primer curso de matemáticas de la carrera Químico Clínico Biólogo (Q.C.B.) de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Asesor: Dr. Jesús Alarcón Bortolussi. Se integró a la Facultad de Medicina de la UANL.

Hortensia Rivera Rosas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 25 de julio. La enseñanza de las matemáticas en el área de ciencias de la salud: análisis, diseño y propuesta de programa para el primer curso de matemáticas de la carrera Químico Clínico Biólogo (Q.C.B.) de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Asesor: Dr. Jesús Alarcón Bortolussi. Se reincorporó a la planta de profesores de la Facultad de Medicina de la UANL.

Joaquín Alberto Santamaría Galván. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 23 de julio. Una proposición en el tema de lógica y conjuntos para un plan de capacitación de profesores del nivel medio básico. Asesor: M. en C. Antonio Rivera Figueroa. Es jefe del área de matemáticas de la Dirección General de Normales de la SEP.

Fausto Alarcón Hernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 29 de julio. Propuesta didáctica basada en un ensayo experimental para el tema triángulos del curso matemáticas II en los CECYT's. Asesor: M. en C. Gonzalo Zubieta Badillo.

Ramón Jordán Rocha. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 29 de julio. Propuesta didáctica basada en un ensayo experimental para el tema triángulos del curso matemáticas II en los CECYT's. Asesor: M. en C. Gonzalo Zubieta Badillo.

Jacobo Guadalupe Nuñez Urias. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educa-

tiva. 9 de agosto. Los teoremas clásicos del cálculo integral. Un ensayo histórico. Asesor: Dr. Luis Enrique Moreno Armella. Se integró a la planta de profesores de la UNISON.

Santa Soledad Rodríguez de Ita. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 20 de septiembre. El concepto de medición en la perspectiva del proceso educativo. Asesor: M. en C. Ignacio Garnica Dovala.

David Warren Ruiz Márquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 26 de setiembre. Una introducción a las ecuaciones de Maxwell. Su génesis y la enseñanza actual de la teoría electromagnética en las escuelas de ingeniería. Asesor: M. en C. Francisco Cordero Osorio.

Pablo Lam Estrada. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 8 de julio. Se incorporó a la planta de profesores de la ESFM-IPN.

Rogelio Herrera Aguirre. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 8 de julio. Se incorporó a la planta de profesores de la UAM-A.

Arturo Cuerto Hernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 12 de julio. Se incorporó a la planta de profesores de la UAM-I.

Miguel Angel Pizaña López. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 26 de julio. Se incorporó a la planta de profesores de la FC- UNAM.

César Emilio Villarreal Rodríguez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 23 de septiembre.

Antonio Rafael Tapia Benavides. Maestro en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 22 de julio. Síntesis de boratriazabicyclo 3.3.0 octanos y su estudio estructural por RMN multinuclear. Asesor: Dra. Rosalinda Contreras Theurel. Continúa su doctorado en el CINVESTAV.

Ma. Alvina Bucio Vasquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 1 de septiembre. Nueva ruta de síntesis de alcaloides tipo fisostigmina y fisovenina. Asesores: Dra. Martha

Sonia Morales Ríos y Dr. Pedro Joseph-Nathan. Es auxiliar de investigación en el Departamento de Química del CINVESTAV.

José Manuel Almanza Robles. Maestro en Ciencias en la especialidad de Metalurgia. 20 de septiembre. Caracterización de las propiedades filtrantes de un nuevo tipo de filtro cerámico. Asesores: Dr. Alfonso Humberto Castillejos Escobar y M. en C. Francisco Andrés Acosta González.

Héctor Uriel Serna Fernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Metalurgia. 20 de septiembre. Influencia de las variables del proceso de reocolado sobre la estructura de aleaciones base zinc. Asesor: Dr. Alejandro Manzano Ramírez.

Doctores en Ciencias

Fernando Ulises Adame de León. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 21 de agosto. Interacción de un factor nuclear con secuencias del oncogen c-myc. Participación del ácido retinoico. Asesor: Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal. Se integró a la planta de investigadores de la Unidad Laguna de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

María de Lourdes Rodríguez Frago. Doctor en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 16 de agosto. Efecto farmacológico de la colchicina en la fibrosis experimental inducida por el tetracloruro de carbono. Asesores: Dr. Julián Ernesto Villarreal Castelazo y Dra. María de Lourdes Muñoz Moreno.

Pablo Muriel de la Torre. Doctor en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 23 de agosto. Las alteraciones membranales como base del daño hepático. Efecto de la sulfo-adenosil-L-metionina. Asesor: Dr. Julian Ernesto Villarreal Castelazo. Es investigador auxiliar en el Departamento de Farmacología del CINVESTAV.

Jorge Alberto Reyes Esparza. Doctor en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 19 de agosto. Influencia del timo sobre la función testicular. Asesor: Dra. Marta Catalina Romano Pardo. Se incorporó a la planta de profesores de la UPIBI-IPN.



libros



The academic profession in USA, de Walter P. Metzger, en *The academic profession. National disciplinary and institutional settings*, Burton R. Clark (ed.), Univ. Cal. Press, Berkeley, 1990, pp. 124-207.

El crecimiento de la profesión académica en los Estados Unidos en el último siglo trasciende el adjetivo de enorme para alcanzar el término asombroso de "colosal". Según los criterios que se tomen en cuenta, se trataría de un grupo profesional de entre 460 000 o hasta 860 000 individuos; el 80% de las posiciones académicas ocupadas en 1980 no existía treinta años antes. Así inicia Metzger el planteamiento de la problemática que analiza.

El autor propone dos preguntas que conformarán dos ejes distintos para el desarrollo de su trabajo. 1) Por qué esta profesión creció tan rápido, de manera sostenida durante tanto tiempo y, en el pasado reciente, con tanta exhuberancia para llegar finalmente a un decrecimiento abrupto "parecido al del valor de las acciones en un mercado que entra en pánico". 2) Cuál ha sido el comportamiento de

la profesión académica en diferentes condiciones de crecimiento.

Para responder a la primera pregunta el autor cuestiona el supuesto que los académicos sostienen con firme opinión respecto del crecimiento de su profesión: la mecánica que supondría una respuesta a la demanda estudiantil. El argumento central del autor, sin embargo, es que una tendencia que perdura durante un siglo difícilmente está gobernada por una variable única.

A partir de un interesante análisis histórico de las instituciones académicas norteamericanas desde 1820, el autor distingue entre un crecimiento sustantivo, aquel que surge de la absorción institucional de nuevos temas de conocimiento, y un crecimiento reactivo, que procede fundamentalmente de una elevación de la demanda de los servicios profesionales impartidos por los académicos.

El crecimiento sustantivo se basa en los impactantes cambios de la academización del conocimiento, el crecimiento del currículum universitario y la expansión del rango de conocimiento manejado por los académicos. Los procesos importantes que tienen que ver con este crecimiento se podrían conceptualizar como a) "parto" de las disciplinas, por fertilización mutua: la biología, por ejemplo, engendro de la historia natural, genera a la genética; la microbiología, fertiliza a algunas ciencias relacionadas para generar la bioquímica y la biofísica; b) "afiliación de programas": la química debe su entrada precoz al currículum universitario por el papel prominente que alcanza en la enseñanza de la medicina; c) "dignificación de conocimientos" las lenguas modernas y la tecnología dan ejemplos importantes al respecto.

El autor analiza cómo, después de la guerra de 1860 en EUA, se aceleran los períodos de gestación en las ciencias naturales y aumentan los partos. La dignificación de materias deja de limitarse a algunas cuantas advenedizas (*parvuenos*) al incorporarse en las universidades materias tales como cocina, atletismo, desfiles militares y administración de negocios. La historia florece al aceptarse el estudio de las sociedades occidentales modernas y no sólo la historia clásica (Grecia y Roma) o la historia eclesiástica. Estas diversidades se dan en todas las instituciones, independientemente de la edad o el prestigio de las mismas.

Pero la explosión del conocimiento no es suficiente para explicar el crecimiento de la profesión académica. El autor se pregunta por qué los académicos (desde entonces y hasta la fecha) rechazaron tan pocos conocimientos y aceptaron demasiados. Tres cambios explican estos objetivos pansofistas de las instituciones: a) la secularización de la formación de los académicos; b) la institucionalización de la investigación académica, y c) la organización de las especialidades académicas.

Estos cambios institucionales tampoco agotan la explicación del crecimiento sustantivo; entre otras razones porque no se corresponden mutuamente en el tiempo; fueron evoluciones graduales, no mutaciones. La institucionalización de la investigación, por ejemplo, se deriva de la fuente adicional de ingresos y de prestigio académico que la investigación y las publicaciones otorgaron siempre a los docentes de las universidades.

La nueva diversidad del conocimiento no se explica de manera completa si no toma en cuenta un factor económico propio y peculiar de las

condiciones americanas: un sistema de mercado demasiado abierto e intensamente competitivo, dentro del cual cabe el análisis del desarrollo académico ligado a factores económicos y centrado en la competencia entre instituciones. Unido a lo anterior está la notable ausencia de funciones reguladoras y racionalizadoras que en otros países jugaron los ministerios de educación o las comisiones reales, así como la notable ausencia de instituciones antiguas y prestigiosas, como Oxford y Cambridge, con la fuerza política como para imponer un mínimo de orden en las tendencias del crecimiento académico. En este tipo de ambiente económico la diversificación académica se convirtió en una necesidad competitiva.

Hubo, sin embargo, una base racional para crecer con precaución por competencia: los costos salariales. Los valores asumidos en esa época favorecieron el crecimiento de los profesores de más edad, más educados, contratados sin límite de tiempo para dedicarse a la docencia en una misma institución, lo cual era visto como el ancla necesaria para una mayor autoridad institucional, reconocimiento público y reputación académica. El caballo de carga de la institución académica, el tutor, generalmente un recién graduado, se fue eclipsando, lo que significó una transformación fundamental en la historia de la profesión académica estadounidense. Si bien las instituciones pagaron su expansión con las cuotas estudiantiles, crecieron en la medida en que podían pagar un crecimiento así concebido.

Con el tiempo, hacia finales del siglo XIX, se estableció una mayor presencia del gobierno federal. Sin embargo, la autoridad gubernamental no pretendió de ninguna manera domesticar la anarquía de la competencia entre instituciones. Las donaciones privadas (Erza Cornell, Johns Hopkins) alcanzaron nuevas magnitudes. Pero tanto el apoyo gubernamental como el privado en realidad expresaron el deseo de un país por enriquecer

y agrandar su infraestructura crítica para ponerla a tono con su supremacía industrial. Las universidades encontraron maneras de reunir fuerzas académicas enormes, lo que redujo la importancia del número de estudiantes como fuerza reguladora del crecimiento.

En el siglo XX, el crecimiento sustantivo fue opacado y restringido a un crecimiento de tipo reactivo. Hasta finales del siglo pasado la matrícula académica se vio constreñida por una gran cantidad de factores: la prohibición del ingreso a las mujeres; la naturaleza de la estructura ocupacional, que hacía más importante el entrenamiento en el centro de trabajo que en la universidad; el elevado costo de las colegiaturas frente a los ingresos familiares; las inadecuaciones de los niveles escolares previos.

Entre 1880 y 1930 se establecieron mejores "canales de navegación" entre los niveles previos y el nivel superior. La educación obligatoria, la escuela pública, la expansión de la coeducación, los descubrimientos sociológicos acerca del papel de la escolaridad en la movilidad social, las teorías económicas sobre la importancia del "capital humano", contribuyeron ampliamente a aumentar la demanda por la educación superior. Al mismo tiempo, las instituciones descubrieron la manera de mejorar sus finanzas creando nuevas categorías subprofesionales. Con ellas el cuerpo académico pudo crecer de manera poco onerosa. Para 1950 una quinta parte de los americanos en edad universitaria estaba inscrita en instituciones de educación superior. A lo anterior hay que agregar el papel que jugó el Estado en esa década: todos los estados de la Unión plantaron instituciones de educación superior, en distancias racionales para acomodar y regular todo el flujo estudiantil, ofreciendo formaciones de entre dos y cuatro años de duración. El gobierno federal inició una fundación importante de becas estudiantiles, dormitorios y centros de investigación. Se crearon instituciones

que ofrecían colegiaturas bajas y facilidades para los estudiantes de zonas alejadas.

Para 1970 el número de inscritos era astronómico: 6 000 000 de estudiantes de licenciatura, 900 000 de posgrado; 40% de la población en edad universitaria.

No es fácil descubrir cuantas nuevas posiciones académicas se crearon para atender esta demanda abrumadora, pero la hipótesis de que la profesión académica creció masivamente en este período para manejar este sobreflujo de inscritos y no para incorporar nuevos temas de conocimiento en el currículum es, por decir lo menos, irresistible.

Esta hipótesis, según Metzger, explica también la abrupta caída de la tasa de crecimiento. El crecimiento sustantivo de la profesión académica, aquel basado en los incrementos del conocimiento no es fácilmente regulable desde una oficina central. Por otra parte, uno de los factores críticos del crecimiento profesional basado en el número de estudiantes es que es susceptible de control por parte de los cuerpos planificadores. Si un cuerpo de profesores puede crecer con base en proyecciones del número que requiere determinada población de estudiantes, también puede reducirse. Una vez que llegaron a la escuela las noticias de la Oficina Censal de que se había acabado el "baby boom", las válvulas del empleo académico empezaron a cerrarse con tanta fuerza como antaño se habían abierto con toda amplitud. Estas válvulas, situadas en oficinas gubernamentales, son en sí mismas una consecuencia del crecimiento reactivo.

Para responder a la segunda pregunta: cómo se comporta la profesión académica en estas condiciones diferentes de crecimiento, el autor considera necesario tomar en cuenta no sólo los aspectos demográficos sino centrarse también en cuestiones morfológicas. Se pregunta en qué forma se construye la profesión académica y qué partes de su estructura resienten

más claramente un crecimiento sustantivo o uno reactivo. Discute con distintos autores si existe la profesión académica y en qué consiste. Para algunos autores, todo el que tenga un nombramiento académico pertenece a una profesión tan unificada como la de cualquier médico con licencia para ejercer su profesión. Para otros, el hombre académico es un mito; un error de óptica. Metzger propone que el académico norteamericano contemporáneo pertenece a cuatro entidades ocupacionales: el campo de la educación superior, la institución que lo emplea, el cuerpo de profesores de esa institución y una disciplina particular. La mayoría de los autores acepta únicamente las dos últimas dimensiones. Se trata de una profesión bivalente, formada por dos profesiones completas por derecho propio y que se apoyan mutuamente en el redil académico: la investigación y la docencia. La enseñanza es la actividad común para todos, la investigación la que liga con las disciplinas. Es un hecho, sin embargo, que prácticamente todos los académicos enseñan, aunque sólo una cuarta parte de ellos se dedique a lo que merece llamarse investigación y una décima parte contribuye con el 90% del total de las publicaciones científicas y académicas. Unido a lo anterior, las consecuencias estructurales de la especialización serían suficientes para elevar dudas ontológicas respecto de la existencia de una profesión académica.

Sin embargo, también hay razones empíricas y lógicas para entender en forma general y coherente la profesión académica. Cada profesión tiene sus propios instrumentos de integración, y los de la profesión académica (un estatus común de empleo que origina irritaciones e inseguridades comunes, un alto grado de interacción colegial dentro del espacio ocupacional), suplen las deficiencias convencionales.

Para muchos historiadores la profesión académica no existía antes de la profesionalización de las especialidades. Para Metzger, el crecimiento sus-

tantivo de las instituciones, que creó y sostuvo la profesionalización por las disciplinas, genera una profesión académica moderna. Anteriormente se podría hablar de una profesión tradicional. El académico moderno para Metzger es un profesor-especialista, que tiene clientes extramuros: las empresas, el sector público y no sólo intramuros, los estudiantes; pertenece a asociaciones nacionales de profesionales; tiene un sentido claro de la importancia de su clase, basado en las conquistas de la ciencia moderna; desarrolla una fundamentación racional acerca de la libertad académica y de la definitividad como bases indispensables para el avance de la ciencia. Se trata de un interjuego entre la profesión profesoral, establecida desde el siglo pasado y la profesión disciplinaria especializada que surgió posteriormente. El resultado se describe mejor con el concepto biológico de sinergia que con el de suma cero.

El crecimiento reactivo de las instituciones generó a la vez el modelo mismo del académico moderno no profesional: el profesor por horas traído a la academia en números crecientes para impartir instrucción a retazos. Un cuerpo de profesores incorporado a la academia por insumos cuantitativos y evaluado por resultados cuantitativos no tenía por qué percibir la enorme diferencia respecto de otros cuadros burocratizados. Metzger analiza la conflictiva interacción entre estas dos profesiones a través de la historia de la Asociación Estadunidense de Profesores Universitarios (AAUP) creada en 1915. Durante los primeros cincuenta años de su existencia, la AAUP declaró que las sociedades de académicos no deberían unirse a los sindicatos o comportarse como tales: insiste en que los académicos comparten la autoridad institucional, los presidentes de las universidades no son patrones, sino profesores asignados a puestos directivos. Por otra parte, partiendo casi de cero, a mediados de los sesentas, la mayoría de los académicos engrosó las filas de los sindicatos

académicos y en 1976 el 72% de una muestra representativa de académicos respondió que el contrato colectivo sí tenía lugar en el mundo de la academia.

El texto de Metzger es especialmente sugerente como guía para realizar un análisis semejante del crecimiento de la profesión académica en México. La distinción entre dos categorías de crecimiento, radicalmente opuestas, rompe con un enfoque rígido, que pretendería un análisis único del crecimiento de las instituciones de educación superior y abre el camino para diversificar y enriquecer conceptualmente la naturaleza de crecimientos reactivos complejos y sumamente diversos pero sin duda poco sustantivos que parecen caracterizar y dominar las últimas dos décadas de nuestra educación superior.

María de Ibarrola

Departamento de Investigaciones Educativas



Inmunidad intestinal, de Lucinda Aguirre-Cruz y Rubén López Revilla, editorial Trillas, 1990.

Los organismos vertebrados poseen un sistema inmune o de defensa específica contra los agentes extraños (antígenos) del medio ambiente que los rodea.

La inmunidad que más se ha estudiado es la sistémica o general, cuyos elementos pueden cuantificarse en la

circulación del organismo. Para estimular la inmunidad sistémica, es necesario inyectar un antígeno o padecer una infección invasora de algún microorganismo. Sin embargo, la interacción natural de muchos antígenos ocurre a través de los epitelios, en donde se generan respuestas locales no siempre detectables en la sangre.

En los últimos años se ha despertado gran interés en los mecanismos inmunes que operan en el epitelio intestinal, debido en parte al reto de producir vacunas contra microorganismos enteropatógenos. Por ello se está empezando a comprender mejor la inmunidad intestinal. Sin embargo, gran parte de la información está dispersa y es difícil integrarla. En esto radica la importancia del libro *Inmunidad Intestinal* de Aguirre-Cruz y López-Revilla, quienes analizan y resumen la información que se ha producido en esta área de la inmunología.

Inmunidad Intestinal cubre los aspectos básicos en el área de la inmunología de las mucosas, de manera sucinta y didáctica. En sus páginas se abordan aspectos fundamentales como la anatomía del intestino (Cap. 2), la estructura y función del sistema inmune intestinal (Cap. 3), los mecanismos de defensa contra las infecciones intestinales (Cap. 4) y la inducción y regulación de la inmunidad intestinal (Cap. 5). En cada uno de estos capítulos se plantean de manera concisa los conceptos básicos bien establecidos, así como algunos interrogantes. Por su lenguaje sencillo y la brevedad de cada capítulo, el lector obtendrá conclusiones claras de cada tema.

El tracto intestinal posee defensas inespecíficas, como la secreción de bilis y moco, la motilidad intestinal y la flora microbiana normal, entre otras. En la respuesta inmune específica local participan el mismo tipo de células que en una respuesta sistémica. La inmunoglobulina A es el principal anticuerpo en las secreciones del tracto gastrointestinal y en otras secreciones. Esta inmunoglobulina inhibe la adhesión de microorganismos al epitelio,

neutraliza partículas virales y excluye otros antígenos favoreciendo su eliminación. Hay también defensas celulares en los epitelios, aunque se requieren mayor número de investigaciones para obtener conclusiones claras de los mecanismos de inmunidad celular en estos sitios.



La mucosa intestinal está expuesta a una plétora de antígenos alimentarios contra los cuales la respuesta inmune afortunadamente es muy escasa. Al mismo tiempo, se inducen respuestas efectivas contra agentes infecciosos. Ambos antígenos, alimentarios e infecciosos, son extraños para el organismo: ¿entonces, cómo es que el sistema inmune local distingue los antígenos alimentarios de los gérmenes infecciosos, para responder contra estos últimos? Aparentemente el estado físico, la abundancia, la ruta de entrada y el procesamiento del antígeno son muy importantes en el tipo de respuesta que se genera. Una hipótesis presentada en este libro es que los antígenos inductores de tolerancia, como los alimentos, son moléculas solubles de exposición cotidiana. Estos antígenos no son absorbidos gracias a la barrera epitelial, o son absorbidos por células epiteliales especializadas que los disgregan y eliminan sin que sean procesados por células inmunocompetentes. Los antígenos minoritarios, como las enterotoxinas bacterianas y los microorganismos patógenos, son

absorbidos por mecanismos especiales de transporte, e inducen respuestas positivas. Las enterotoxinas bacterianas se unen a un receptor en las células epiteliales y son transportados por endocitosis. Los microorganismos patógenos, por ser antígenos particulados, son transportados por células epiteliales especializadas, principalmente en las placas de Peyer, donde se les procesa y se les presenta a células inmunocompetentes.

Una crítica menor que se puede hacer a este libro es el énfasis excesivo que da a los mecanismos supresores de la inmunidad (Cap. 5). La respuesta inmune normalmente es temporal y una vez que el antígeno desaparece la respuesta contra él disminuye. Esto implica una supresión funcional de la inmunidad. Sin embargo, los mecanismos por los que se logra no están claros. Esto se debe principalmente a lo siguiente: a) raras veces se han logrado clonar linfocitos T supresores; b) es difícil distinguir a los linfocitos T supresores de los T citotóxicos, porque ambos se localizan en la misma subpoblación; c) se pone en duda la existencia en el genoma de la subregión I-J, del complejo principal de histocompatibilidad, donde se proponía que están codificadas algunas moléculas implicadas en la supresión. Debido a estas dificultades experimentales la regulación inmune por un mecanismo de supresión/contrasupresión, como el que se incluye en este libro, actualmente carece de suficiente apoyo experimental.

El estudio de la inmunidad en el tracto gastrointestinal es especialmente importante en países como el nuestro, donde este tipo de infecciones es frecuente. Por todo lo anterior, considero el libro *Inmunidad Intestinal* una lectura recomendable no sólo para los especialistas en esta área, sino también un libro de consulta para los estudiosos de la inmunoparasitología y otras áreas afines.

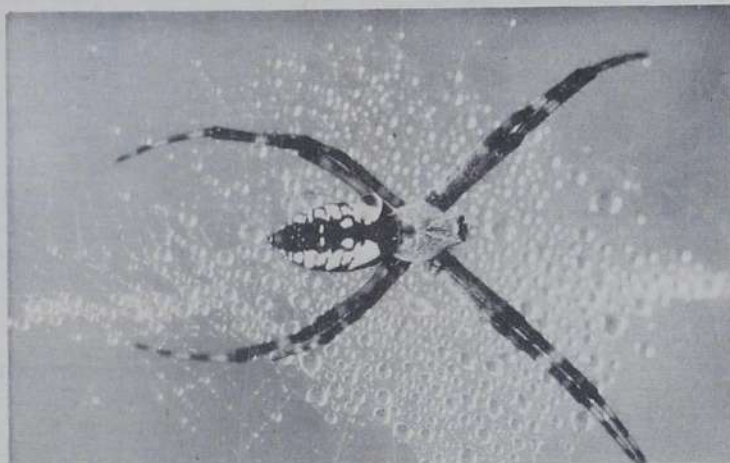
Eva Edilia Avila

Departamento de Biología Celular



mafiles

Me gustaría ser araña



Marcelino Cerejido

No sé cuándo empezaron mis terrores hacia las arañas, tal vez me precedieron y los heredé a través de genes ancestrales, como les sucede a los ratones a los que jamás se les dejó ver un gato, pero que así y todo se espantan cuando se les proyecta la imagen de estos felinos en una pantalla.

La puerta del baño de casa tenía rectángulos de vidrio inglés, rugoso y esmerilado, que permitían ver desde adentro las cosas que se les apoyara. Cuando mi hermano sospechaba que yo me había encerrado para consolar por mi mismo los perennes, acuciantes, implacables e inútilmente precoces ardores sexuales de la niñez, conseguía interrumpir mis manipuleos y hacerme salir volando con sólo aplicar contra uno de los paneles una lámina arrancada del Billiken que mostraba una garfiosa araña pollito del tamaño de una mano.

En el fondo de la casa de mis abuelos había una pared de ladrillos con resquicios plagados de arañas. Tía Josefina excitaba una de las telas con una pajita, la araña salía presurosa con la servilleta puesta y cuchillo y tenedor en mano esperando encontrarse con una mosca, y ella la hacía puré de un martillazo. Su proeza me erizaba el pelo, pero me subyugaba, y si descubría que alguno de mis tíos la repetía, se lo alcahuetaba a tía Josefina que corría a chillar ante mi abuela por que le gastaban sus arañas.

Mis abuelos tenían un galpón que hacía las veces de taller casero y museo de cambalaches, con marcos sin cuadro, bicicletas descangalladas, embudos, latas de pintura reseca, rollos de alambre, fragmentos de cadenas, listones de madera, molduras desprendidas de alguna ventana, tala-

dros, zapas, periódicos viejos, bolsas de quién sabe qué y restos de aparatos herrumbrados, que era para mí el lugar más parecido al paraíso que pudiera imaginar. Los ruegos de que saliera de ahí porque me podía lastimar o ensuciar la ropa jamás consiguieron alejarme. Pero entonces llegaba el "...no te vaya a picar una araña", y junto con la última vocal yo ya estaba trepidando en medio del patio.

Otros mayores, más clementes y sensatos, trataban de hacerme perder el miedo explicándome que en realidad esos bichos me temían más a mí, razonando conmigo acerca del pavor, explicándome cosas acerca de las posibilidades reales de hacerme daño que tenía una endeble araña. "Vení, matala, dale un pisotón" me animaban cuando divisaban una caminando por el patio, para convencerme de que yo era mucho más poderoso.

Ya adolescente, trataba de desentrañar las causas de aquellos pánicos injustificados que ahora me abochornaban. "Le tiene miedo a las arañas" me vilipendiaban, intentando convencerme por el camino del absurdo. ¿Miedo yo? ¡ipss! habrase visto, me burlaba, pero el terror seguía ahí. En mi estudio prestaba atención a su movimiento a tirones: corren, se detienen de golpe, arrancan de nuevo. Las conjeturas de que lo hacen porque son artrópodos jamás me resultaron convincentes. Tampoco pude entender la causa de que a la gente les infunda pavor el solo hecho de mencionarlas, al punto de que algunas amigas ruegan que se cambie de tema. Un león es mucho más peligroso que una tarántula, y sin embargo se le contempla con plácida admiración.

¿Por qué entonces este deseo actual de ser araña? Bueno, sucede que ansío tener algunas de sus virtudes, comparto muchas de sus apetencias y hasta les envidio alguna que otra costumbre. Por ejemplo, siempre me gustaron las mujeres un tanto culonas...y a los arañes también (véase mi cuento *Una ventana no muy alta y un balcón*¹). Me maravilla asimismo su ardor sexual, pues las viudas negras siguen copulando por más que las hembras, en pleno frenesí, les devoren la cabeza, aunque, por supuesto, yo haría el amor protegiéndome con un yelmo o algo por el estilo.

Como a mí, a las arañas no les gusta viajar ni alejarse de sus casas, a lo sumo salen de noche a dar un paseo entre las hojas, en silencio, pues saben gozar de su soledad, pueden caminar por los techos, treparse a las camas y acomodarse casi a cualquier habitat. Por más que la mayoría de las especies son ciegas, algunas, sobre todo las cazadoras, tienen varios pares de ojos, circunstancia que me vendría de perillas para manejar mi automóvil por la ciudad de México, atravesar la glorieta de Insurgentes y Reforma, por ejemplo. Dado el número de patas podría acariciar a mi compañera sin quitar las manos del volante, bajar el vidrio de la ventanilla con una extremidad, buscar dinero para la caseta de peaje con otra, tener el mapa con otra y no quitar la siguiente pata del punto que señala el lugar al que deseo ir. Por otra parte, me deleita pensar el susto que se llevarían los patrulleros al verme cuando se acerquen autoritarios a mi ventanilla con el consabido "Me permite su licencia, joven".

Pero mi interés por ser araña va más allá. Por ejemplo, cuando tenía veinticinco años sufrí una hernia de disco cervical, y hoy basta con que lleve una valija, duerma con una almohada un poco más alta o un poco más baja, o salte para cachetejar la pelota en un partido de volley, para que mi columna vertebral se resienta y mi esqueleto me tenga a maltraer por dos o tres días. Jamás me dejé operar. Sueño por lo tanto con un exoesqueleto como el que tienen las arañas que, además de ser accesible a cualquier tratamiento médico, se cambia cada tanto por otro nuevo como si fuera un corsé.

Otro de mis problemas es la gastritis, pero no puedo substraerme a un par de chiles en nogada, a un buen pollo con mole poblano, o a un pescado a la veracruzana de esos que el mesero asegura que casi no tiene chile y no me ha de resultar picoso. Me han explicado que mi motricidad gástrica es muy lenta, que retengo la comida en el estómago por demasiado tiempo, los jugos me atacan la mucosa, la inflaman y hago úlceras con facilidad. Estoy harto de radiografías y gastroscopías. Lo primero que hacen los médicos es recomendarme una dieta líquida que, por supuesto, pasados los dolores dejo de cumplir, con las consiguientes recaídas. Pues bien, las arañas están mejor dotadas,

pues segregan sus jugos pléticos de enzimas sobre los manjares y, una vez terminada la digestión extracorporal, simplemente se los beben.

Por supuesto, no todas han de ser ventajas. Algunas especies son muy peludas y yo, que soy lento en afeitarme la cara por las mañanas, me pasaría horas antes de estar listo para salir. Pero quizá me consolaría con el hecho de que las arañas no se quedan calvas, como me está sucediendo a mí.

Otra cosa que me tiene preocupado es que muchas especies de arañas llevan sus huevos sobre el dorso, y eso me traería problemas con mis amigos que acostumbran abrazarme y palmearme la espalda en cuanto me encuentran.

Pero ¿cómo podría convertirme en araña? ¿Acaso alguien lo hizo alguna vez? Dicen que en Lidia, la comarca griega de Asia Menor, vivía Aracne, una joven y habilísima tejedora que osó desafiar nada menos que a la diosa Atenea, y ésta, ofendida, la convirtió en araña. Nunca me quedó claro si Aracne fue convertida en una araña, o en cambio fue la primera araña, es decir, que la araña fue creada como castigo a una diestra e irreverente tejedora. Yo no sé tejer, no tengo chances de desafiar a la diosa Atenea, pero creo que si sigo con estas ganas de convertirme en araña, por ahí puedo retar a algún dios a zapatear o a bailar el tango, cosas que sí se hacen con cierta destreza, y entonces el tipo se ofendería, me convertiría en araña y se acabó.

Otra posibilidad es que les pida ayuda a mis colegas del departamento de Biología Molecular. Por ahí, con tres o cuatro genes de los que llaman *homeoboxes*, que tienen la propiedad de controlar la construcción de todo un sector corporal, mis colegas me dan el gusto y paso a ser el primer investigador-araña transgénico de la historia. Me deleita imaginar que, cuando le tenga bronca a alguien, le puedo escupir un ojo y taponarle los canales de sodio con mis toxinas. "¡Toma maldito!" le gritaría, y el pobre no volvería a tener un potencial de acción en sus membranas celulares hasta que no me pida perdón.

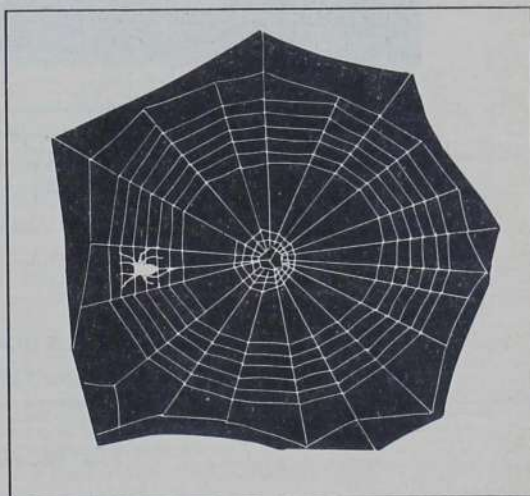
Por ahí tendría problemas con el Sistema Nacional de Investigadores, sobre todo cuando vean

mi foto y se den cuenta de que no tengo el cabello recogido de modo que se vean las orejas como estipula el reglamento. Pero en ese caso recurriría a Mauricio Schoijet o a Julio Muñoz, y me uniría a ellos en su queja de que el SNI discrimina a los investigadores...y yo agregaría "a las arañas también, a las arañas también". Aunque me eliminen de la Comisión de Biomedicina, me queda el recurso de que me pasen a la Comisión 4, Tecnología, pues seguramente prestarán oído a que me he convertido en un astro de la industria textil: en tres bailoteos les tejería una tela que los dejaría pasmados de envidia. No va a faltar el investigador aplicado que quiera darme a beber tinturas para que produzca telas de colores ni los modistos que sueñen con confeccionar prendas interiores de cierto erotismo, o las chicas que las usen para hacerse trajes de baño. En fin, hasta me siento en condiciones de escribir un buen proyecto para el CONACYT.

Claro, me queda el temor de que los evaluadores sientan repulsión por las arañas, semejante al que a mi mismo me paralizaba en mi juventud al que suele horripilar a muchos adultos. Peor aún es la posibilidad de que a las comisiones evaluadoras les dé por imitar a mi tía Josefina. ❀

Notas

1. *Aquí me pongo a cantar*. Folios Ediciones, México, 1982.



CONVOCATORIA

La Olimpiada Nacional de Biología forma parte del programa de las Olimpiadas Nacionales de la Ciencia, organizado por la Academia de Investigación Científica, A.C. (AIC) con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública.

Los objetivos principales de la Olimpiada Nacional de Biología son dos: identificar a los jóvenes con el mayor conocimiento e interés por la biología y estimularlos para que se dediquen a esta disciplina.

La Primera Olimpiada Nacional de Biología consistirá en exámenes de conocimientos sobre el contenido de los programas de biología del nivel de enseñanza media superior, en dos etapas sucesivas:

Primera etapa. Concursos Estatales

Segunda etapa. Concurso Nacional

Podrán participar en la Olimpiada todos los estudiantes inscritos en cualquier escuela del nivel de educación media superior del

país que sean menores de 20 años (nacidos después del 31 de julio de 1971). La participación de los concursantes y los premios serán a título individual.

En cada estado habrá un concurso.

En el Área Metropolitana de la Ciudad de México habrá concursos simultáneos en diferentes zonas.



COMITE DE LA OLIMPIADA DE BIOLOGIA

Teléfonos: 752-0677 y 754-0200

Rubén López Revilla, ext. 5518 / Daniel Martínez Fong, ext. 5137

Mariano Cebrán, ext. 5433

FAX: 586-6290 y 752-0590

Índice del volumen 10

Índice de materias

Astronomía

- ¿Y después del eclipse?, *José de la Herrán/René Asomoza* Páginas centrales (oct.-dic.)

Biocología

- Perspectivas de la biocología y la bioingeniería en México, *Fernando Esparza García* 69

Ciencias Biológicas

- En el umbral de la terapia génica, *Rubén López Revilla* 197
 Terapia génica: hemofilia en una familia de tantas, *Raymundo Méndez Canseco* 205
 Neuronas, Reflejos y Robots, Revista Ciencias de la FC-UNAM, *Pablo Rudomín* 244
 Panespermia dirigida, *Octavio Paz* 257
 El desarrollo de la biología celular, *Isaura Meza* 302
 Perspectivas de la biología molecular, *Gabriel Guarneros* 305
 El futuro de la neurobiología, *Dalila Martínez de Muñoz* 310
 El estudio de enzimas en la interfase lípido/agua: la fosfolipasa A₂, *Marta S. Fernández* 318
 El SNI: reflexiones de un evaluador del área biomédica, *Marcelino Cerejido* 324
 Inmunidad Intestinal, de L. Aguirre Cruz y R. López Revilla, *Eva Edilia Avila* 341

Correo

- Sobre el futuro de las revistas científicas mexicanas, *Rodolfo Trejo Vázquez* 2

Desarrollo institucional

- Entrevista con Feliciano Sánchez Sinencio, Consejo Editorial de AyP (Perspectivas) 25
 Informe del Director del Cinvestav 1982-1990, *Héctor O. Nava Jaimes* (Documentos) 93
 Por un colegio utópico, *David Kleppner* (Espacio abierto) 173
 Evaluación institucional y procesos de legitimación, *Josefina Granja Castro* 221
 The disciplinary shaping of the profession de Tony Becher (Libros y revistas), *Rebeca Reynoso Angulo* 249
 Física al amanecer: diez años de aventura, de Candelario Pérez Rosales, *Francisco Mejía Lira* 253
 La génesis del CINVESTAV: entrevista con Eugenio Méndez Dourro, *Rubén López Revilla y Rebeca Reynoso* 285
 The academic profession in USA de W.P. Metzger (Libros y revistas), *María de Ibarrola* 339

Distinciones académicas

- Premio Nacional de Ciencias y Artes 1990, *Juan Milton Garduño* 75
 Premio Manuel Noriega Morales 1990, *Eusebio Juaristi* 76
 Premio de la Academia de la Investigación Científica 1990, *Magdalena Medina Noyola* 78, 238, 241
 Premio Weizmann 1990, *Alejandro Vizcarra Rendón, Rogelio Arellano Ostoa* 79
 Premio SMCSV 1991, *René Asomoza Palacio* 332
 Medalla Académica SMF 1991, *Gerardo Torres del Castillo* 333
 Premio Luis Elizondo 1991, *Pedro Joseph Nathan* 333

Divulgación de la ciencia

- La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica (Inovaciones educativas), *J. Alarcón, E. Bonilla, L.E. Moreno, B.M. Parra, M. Rigo y G. Waldegg* 83

Educación

- La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica, *J. Alarcón, E. Bonilla, L.E. Moreno, B.M. Parra, M. Rigo y G. Waldegg* 83
 Las matemáticas y su enseñanza, *José Adem* 145
 Trayectoria y perspectivas de la historiografía de la educación mexicana (1877-1940), *Susana Quintanilla* 212
 Evaluación institucional y procesos de legitimación, *Josefina Granja Castro* 221
 La investigación en didáctica de la matemática: problema actual, *Irma Fuenlabrada* 226

Física

- Violación de la paridad, *Julián Félix Valdez* 3
 El descubrimiento de la transformación de materia en antimateria, *Gerardo Herrera* 11
 La física mexicana: retos y perspectivas, *Miguel Ángel Pérez Angón* 45
 ¿Fusión superficial?, *Francisco Mejía Lira y José Luis Morán López* 179
 Física al amanecer: diez años de aventura, de Candelario Pérez Rosales, *Francisco Mejía Lira* 253
 ¿Es buena la imagen que tenemos del mundo que nos rodea?, *Gabino Torres Vega* 277

Homenajes

- Semblanza, *José Adem* 109
 Treinta años en la compañía de un maestro, *Gloria Novoa de Vitagliano* 113
 La influencia de José Adem en la matemática mexicana, *Carlos Imaz J.* 123
 Adem y una obra que perdura, *Marcos Moshinsky* 127
 Un mexicano universal, *Guillermo Haro* 141
 II ESLAFA, *Jorge Helman* 334

Ingeniería y tecnología

Los sistemas expertos y la inteligencia artificial, Ana María Martínez Enríquez	17
Las telecomunicaciones modernas y sus perspectivas en México, Jorge Suárez Díaz	51
Estado actual y futuro de la industria electrónica, Rodolfo Antonio Quintero Romo	60
Reconocimiento de voz por computadora, Fernando Ramírez Mireles y Arturo Veloz Guerrero	267

Matices

Sobre docentes, quirurgos, filósofos,..., Marcelino Cerejido	103
Botella de Klein, Juan José Arreola	171
Madrid... Tomas Callejeras, Jorge Hernández R.	256
Me gustaría ser araña, Marcelino Cerejido	343

Matemáticas

Las perspectivas de las matemáticas, Luis G. Gorostiza	31
El intrincado quehacer de un topólogo, Samuel Gitler y Enrique Ramírez de Arellano	130
Discurso de ingreso a El Colegio Nacional, José Adem	135
La matemáticas y su enseñanza, José Adem	145
Antecedentes históricos de las matemáticas en México, José Adem	155
Reflexiones sobre el desarrollo de las matemáticas en nuestro país, José Adem	168
La investigación en didáctica de la matemática: un problema actual, Irma Fuenlabrada	226

Nombramientos

Director del CINVESTAV, F. Sánchez Sinencio	74
Subdirector General de Investigación Aplicada, IMP, H.O. Nava Jaimes	75
Secretario Académico, Julio G. Mendoza Alvarez	231
Jefe del Departamento de Física, Isaac Hernández Calderón	232
COPEI 1991	233

Pesca

Algunas consideraciones sobre la pesca en México, José Adem	168
---	-----

Política científica

Entrevista con Feliciano Sánchez Sinencio, Consejo Editorial (Perspectivas)	25
La física mexicana: retos y perspectivas, Miguel Ángel Pérez Angón	45
Informe del Director del Cinvestav 1982-1990, Héctor O. Nava Jaimes (Documentos)	93
Adem y una obra que perdura, Marcos Moshinsky	127
La crisis y el porvenir de la ciencia en México, José Adem	159
Reflexiones sobre el desarrollo de las matemáticas en nuestro país, José Adem	162
Por un colegio utópico, David Kleppner	173

El desarrollo de la ciencia y la tecnología en México, Arturo Morales Acevedo	207
El SNI: reflexiones de un evaluador del área biomédica, Marcelino Cerejido	324

Química

La química de la nueva década en México, Rosalinda Contreras	41
El mundo químico que nos rodea, Eusebio Juaristi	185
La quiralidad o el mundo del espejo, Rosalinda Contreras	273

Teoría de la ciencia

La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica, J. Alarcón, E. Bonilla, L.E. Moreno, B.M. Parra, M. Rigo y G. Waldegg	83
---	----

Índice de autores**A**

Adem, José	
Discurso de ingreso a El Colegio Nacional	135
Las matemáticas y su enseñanza	145
Antecedentes históricos de las matemáticas en México	155
La crisis y el porvenir de la ciencia en México	159
Reflexiones sobre las matemáticas en nuestro país	162
Algunas consideraciones sobre la pesca en México	168
Alarcón, Jesús	
La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica	83
Arreola, Juan José	
Botella de Klein	171
Avila, Eva Edilia	
Inmunidad Intestinal de L. Aguirre Cruz y R. López Revilla (Libros y Revistas)	341
Asomoza, René Fotos del eclipse de sol 11/07/91	págs. centrales (oct.-dic.)

B

Bonilla Ruiz, Elsa, Véase Alarcón, J.	
---------------------------------------	--

C

Cerejido, Marcelino	
Sobre docentes, quirurgos, filósofos...(Matices)	103
El SNI: reflexiones de un evaluador del área biomédica	324
Me gustaría ser araña (Matices)	343
Contreras, Rosalinda	
La química de la nueva década en México	41
La quiralidad o el mundo del espejo	273

D

De Ibarrola, María	
The academic profession in USA de W.P. Metzger (Libros y revistas)	339

De la Herrán, José <i>¿Y después del eclipse?</i>	págs. centrales (oct.-dic.)		Martínez de Muñoz, Dalila <i>El futuro de la neurobiología</i>	310
E			Medina Noyola, Magdalena <i>El científico joven, vínculo entre generaciones (Documentos)</i>	241
Esparza García, Fernando <i>Perspectivas de la biotecnología y la bioingeniería en México</i>	69		Mejía Lira, Francisco <i>¿Fusión superficial?</i>	179
F			<i>Física al amanecer de Candelario Pérez</i>	253
Félix Valdez, Julián <i>Violación de la paridad</i>	3		Méndez Canseco, Raymundo <i>Terapia génica: hemofilia en una familia de tantas</i>	205
Fernández, Marta S. <i>El estudio de enzimas en la interfase lípido/agua: la fosfolipasa A2</i>	318		Meza, Isaura <i>El desarrollo de la biología celular</i>	302
Fuenlabrada, Irma <i>La investigación en didáctica de la matemática: un problema actual</i>	226		Morales Acevedo, Arturo <i>El desarrollo de la ciencia y la tecnología en México</i>	207
G			Morán López, José Luis <i>¿Fusión superficial?</i>	179
Gitler, Samuel <i>El intrincado quehacer de un topólogo</i>	130		Moreno, Luis E., Véase Alarcón, J.	
Gorostiza, Luis G. <i>Las perspectivas de las matemáticas</i>	31		Moshinsky, Marcos <i>Adem y una obra que perdura</i>	127
Granja Castro, Josefina <i>Evaluación institucional y procesos de legitimación</i>	221		N	
H			Nava Jaimes, Héctor O. <i>Informe del Director del Cinvestav 1982-1990 (Documentos)</i>	93
Haro, Guillermo <i>Un mexicano universal</i>	141		Magdalena Medina Noyola: la excelencia como norma cotidiana (Documentos)	238
Hernández R., Jorge <i>Madrid... Tomás Callejas</i>	256		Novoa de Vitagliano, Gloria <i>Treinta años en la compañía de un maestro</i>	113
Herrera, Gerardo <i>El descubrimiento de la transformación de la materia en antimateria</i>	11		Q	
I			Quintanilla, Susana <i>Trayectoria y perspectivas de la historiografía de la educación mexicana (1877-1940)</i>	212
Imaz J., Carlos <i>La influencia de José Adem en la matemática mexicana</i>	123		Quintero Romo, Rodolfo Antonio <i>Estado actual y futuro de la industria electrónica</i>	60
J			P	
Juaristi, Eusebio <i>El mundo químico que nos rodea</i>	185		Parra, Blanca Margarita, Véase Alarcón, J.	
K			Paz, Octavio <i>Panespermia dirigida (Espacio abierto)</i>	257
Kleppner, David <i>Por un colegio utópico</i>	173		Pérez Angón, Miguel Ángel <i>La física mexicana: retos y perspectivas</i>	45
L			R	
López Revilla, Rubén <i>En el umbral de la terapia génica</i>	197		Ramírez de Arellano, Enrique <i>Presentación (Homenaje a José Adem)</i>	107
<i>La génesis del Cinvestav: entrevista con Eugenio Méndez Docurro</i>	285		<i>El intrincado quehacer de un topólogo</i>	130
<i>Presentación (Perspectivas de la investigación en biología experimental y biomedicina)</i>	299		Ramírez Mireles, Fernando <i>Reconocimiento de voz por computadora</i>	267
M			Reynoso Angulo, Rebeca <i>The disciplinary shaping of the profession of Tony Becher (Libros y revistas)</i>	244
Martínez Enriquez, Ana María <i>Sistemas expertos y la inteligencia artificial</i>	17		<i>La génesis del CINVESTAV: entrevista con Eugenio Méndez Docurro</i>	285
			Rigo, Mirela, Véase Alarcón, J.	

Rudomín, Pablo	
<i>Neuronas, Reflejos y Robots, Revista Ciencias de la FC-UNAM (Libros y Revistas)</i>	244

S

Suarez Díaz, Jorge	
<i>Las telecomunicaciones modernas y sus perspectivas en México</i>	51

T

Torres Vega, Gabino	
<i>¿Es buena la imagen que tenemos del mundo que nos rodea?</i>	277

V

Veloz Guerrero, Arturo	
<i>Reconocimiento de voz por computadora</i>	267

W

Waldegg, Guillermina, Véase Alarcón, J.	
---	--

Índice onomástico

A

Alvarez Gallegos, Jaime	
<i>COPEI 1991</i>	233
Alzati, Fausto	
<i>Nuevo director del CONACyT</i>	76
<i>Visita al Cinvestav</i>	231
Arauz Lara, José Luis	
<i>Nuevo miembro de la AIC</i>	76
Aréchiga, Hugo	
<i>Asesor del CONACyT</i>	76
<i>La semana de la investigación científica</i>	77
Arellano Ostoa, Rogelio	
<i>Premio Weizmann 1990</i>	79
Ariza, Armando	
<i>Coloquio del boro</i>	336
Asomoza Palacio, René	
<i>COPEI 1991</i>	233
<i>Premio SMCSV 1991</i>	332

B

Balam Pereira, Gilberto	
<i>COPEI 1991</i>	233
Bartlett Díaz, Manuel	
<i>La semana de la investigación científica</i>	77
Basolo, Fred	
<i>Visita al CINVESTAV</i>	231
Bignami, Amico	
<i>Curso en neurociencias</i>	233
Bretón Baez, Nora Eva	
<i>Nueva miembro de la AIC</i>	76
Brown, Herbert C.	
<i>Visita al Cinvestav</i>	335

C

Celaya, Martín	
<i>Visita al CINVESTAV</i>	231

Contreras, Rosalinda	
<i>Coloquio del boro</i>	336
Corrin, Robert	
<i>Visita al Cinvestav</i>	231
Cota, Gabriel	
<i>Donativo Howard Hughes</i>	335

D

Darszon, Alberto	
<i>Donativo Howard Hughes</i>	335
De la Torre, Mayra	
<i>Premio Nacional de Ciencias y Artes</i>	76
<i>Asesora del CONACyT</i>	76
De Vellis, Jean	
<i>Curso en neurociencias</i>	233
D'Olivo, Juan Carlos	
<i>Nuevo miembro de la AIC</i>	76
Dorantes Dávila, Jesús	
<i>Nuevo miembro de la AIC</i>	76

F

Farfán, Norberto	
<i>Coloquio del boro</i>	336
Fidel, Ramón	
<i>Presentación de Ricardo Miledi</i>	232
Figueroa, Juan Manuel	
<i>Programa de educación continua</i>	232
Flores Parra, Angelina	
<i>Coloquio del boro</i>	336
Ford-Livene, C.	
<i>Programa de educación continua</i>	232
Fuentes Molinar, Olac	
<i>Fundación SNTE</i>	233

G

García Díaz, Alberto	
<i>COPEI 1991</i>	233
Gonveia de Souza, Antonio	
<i>Visita al Cinvestav</i>	231
González Basurto, Jaime	
<i>Programa de educación continua</i>	232
Guameros, Gabriel	
<i>Donativo Howard Hughes</i>	335

H

Helman, Jorge	
<i>II ESLAFA</i>	334
Hernández Calderón, Isaac	
<i>Jefe del Departamento de Física</i>	232
Hernández, Jorge	
<i>Curso en neurociencias</i>	233
Herrera Estrella, Luis	
<i>Donativo Howard Hughes</i>	335
Hooker, Michel	
<i>Visita al Cinvestav</i>	231
Hong Chong, Enrique	
<i>Premio Nacional de Ciencias y Artes</i>	76

J			
José Yacamán, Miguel		Pfeiffer, Heinrich	
Visita al Cinvestav	231	Fundación Humboldt	78
Joseph Nathan, Pedro			
Premio Luis Elizondo 1991	333	R	
Juaristi, Eusebio		Ramírez de Arellano, Enrique	
Premio Manuel Noriega Morales 1990	76	COPEI 1991	233
		Reséndiz, Daniel	
L		Premio Nacional de Ciencias y Artes 1990	75
Lahuerta, Pascual		Re Velle, Jack	
Visita al Cinvestav	231	Programa de educación continua	232
López Castro, Gabriel		Robledo, Alberto	
Nuevo miembro de la AIC	76	Premio Manuel Noriega Morales	77
Lust, Reimar		Rodríguez, Luis Felipe	
Fundación Alexander von Humboldt	78	Premio Manuel Noriega Morales	77
		Rojano Ceballos, Teresa	
M		COPEI 1991	233
Martínez Palomo, Adolfo		Rosado Sánchez, Alfonso	
Asesor del CONACyT	76	Nuevo miembro de la AIC	76
Massieu, Guillermo		Rosenblueth, Arturo	
Nuevo director del Cinvestav	74	Nuevo director del Cinvestav	74
Medina Noyola, Magdaleno		Rubio, Julio	
Premio de la AIC 1990	78	Premio Manuel Noriega Morales	77
Méndez Domínguez, Carlos		Rudomín, Pablo	
COPEI 1991	233	Asesor del CONACyT	76
Méndez Nonell, Juan		Premio Luis Elizondo	334
COPEI 1991	233		
Mendoza Alvarez, Julio G.		S	
Secretario Académico	231	Salinas de Gortari, Carlos	
Mielnik, Bogdan		Premio Nacional de Ciencias y Artes	75
Nuevo miembro de la AIC	76	Suárez Díaz, Jorge	
Miledi, Ricardo		Premio Nacional de Ciencias y Artes	75
Miembro correspondiente AIC	232		
Milton Garduño, Juan		T	
Premio Nacional de Ciencias y Artes 1990	75	Tlahuext, Hugo	
Morán López, José Luiz		Coloquio del boro	336
Premio Manuel Noriega Morales	77	Torres del Castillo, Gerardo	
Mukaikata, Tadao		Medalla de la SMF	333
Programa de educación continua	231	Torres Villaseñor, Gabriel	
		Premio Manuel Noriega Morales	77
N		Tufiño Velázquez, Miguel	
Nava Jaimes, Héctor O.		Programa de educación continua	232
Nuevo director del Cinvestav	74		
Nombramiento en el IMP	75	V	
		Vernadakis, Antonio	
O		Curso en neurociencias	233
Orozco, Esther		Villa Treviño, Saúl	
COPEI 1991	233	La semana de la investigación científica	77
Donativo Howard Hughes	335	Verano de la investigación científica	79
Ortega, Manuel V.		Vizcarra Rendón, Alejandro	
Nuevo director del Cinvestav	74	Premio Weizmann 1990	79
P		W	
Padilla, Itzia Irene		Waldegg Casanova, Guillermina	
Coloquio del boro	336	COPEI 1991	233
Paredes López, Octavio			
Premio Nacional en Ciencia y Tecnología		Y	
de Alimentos	333	Yafee, Summer	
Paz Sandoval, Angeles		Curso en neurociencias	233
Coloquio del boro	336		

Información para los autores de *Avance y Perspectiva*

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

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

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

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



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN.

MAESTRIA Y DOCTORADO EN FISICA

El Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) ofrece sus programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en la Especialidad de Física, las áreas de investigación que se cultivan en el Departamento son:

Física de Altas Energías
(Teórica experimental)
Física Estadística
Física matemática

Física del Estado Sólido
(Teórica y experimental)
Relatividad General

REQUISITOS DE ADMISION

Haber concluido el ciclo profesional o ser estudiante del último año en alguna de las siguientes carreras: Física, Ingeniería, Química o Matemáticas.

Aprobar un examen de admisión que tendrá lugar los días 2 y 3 de marzo (Primavera) de 1992; 8 y 9 de junio (Verano) de 1992, o aprobar los cursos Propedéuticos que se ofrecen en el Departamento durante la primavera (del 9 de marzo al 29 de mayo) o bien, durante el verano (del 15 de junio al 28 de agosto) de 1992 sobre las siguientes materias: Mecánica Clásica, Electromagnetismo, Termodinámica y Métodos Matemáticos. (Para ser admitido a los cursos propedéuticos es requisito indispensable presentar el Examen de Admisión).

BECAS

A los estudiantes admitidos se les garantizará beca para desarrollar sus estudios a tiempo completo.

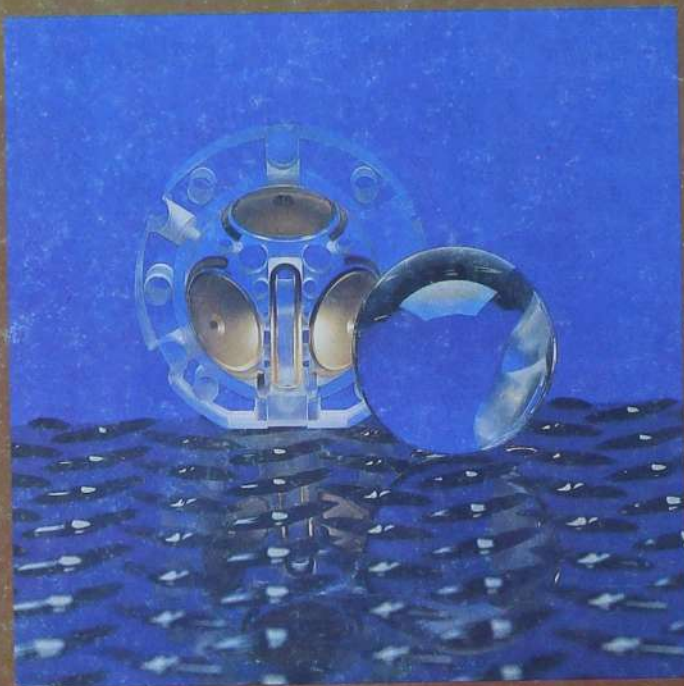
Para mayor información dirigirse a:

COORDINACION DE ADMISION DEPARTAMENTO DE FISICA.
CINVESTAV Apdo. Postal 14-740, Delegación Gustavo A. Madero,
07000, México, D.F. Tel.: 754-02-00 Exts. 4214, 4218 754-68-01

SECONT HACIA EL SIGLO XXI



La EDUCACION
CONTINUA es vital
en el mundo académico,
en la industria y en la investigación
para mantenerse actualizado con los
cambios científicos y tecnológicos.



EL SISTEMA DE EDUCACION CONTINUA (SECONT) del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, ofrece cursos durante todo el año en los siguientes campos:

CALIDAD

BIOLOGIA CELULAR
QUIMICA

FARMACOLOGIA
METROLOGIA

SOLDADURA
COMUNICACIONES

CONTROL

DISEÑAMOS CURSOS A LAS NECESIDADES DE SU INDUSTRIA

RESERVACIONES E INFORMES: CINVESTAV-IPN/SISTEMA DE EDUCACION CONTINUA (SECONT) Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508 Esquina Ticomán, Col. Zacatenco, Apartado Postal 14-740, 07000 México, D.F. Teléfono Directo y Fax: 754 65 89 o Tel. 752 06 77 Ext. 4216. Atención: Srita. Rosario Rodríguez Campa.