



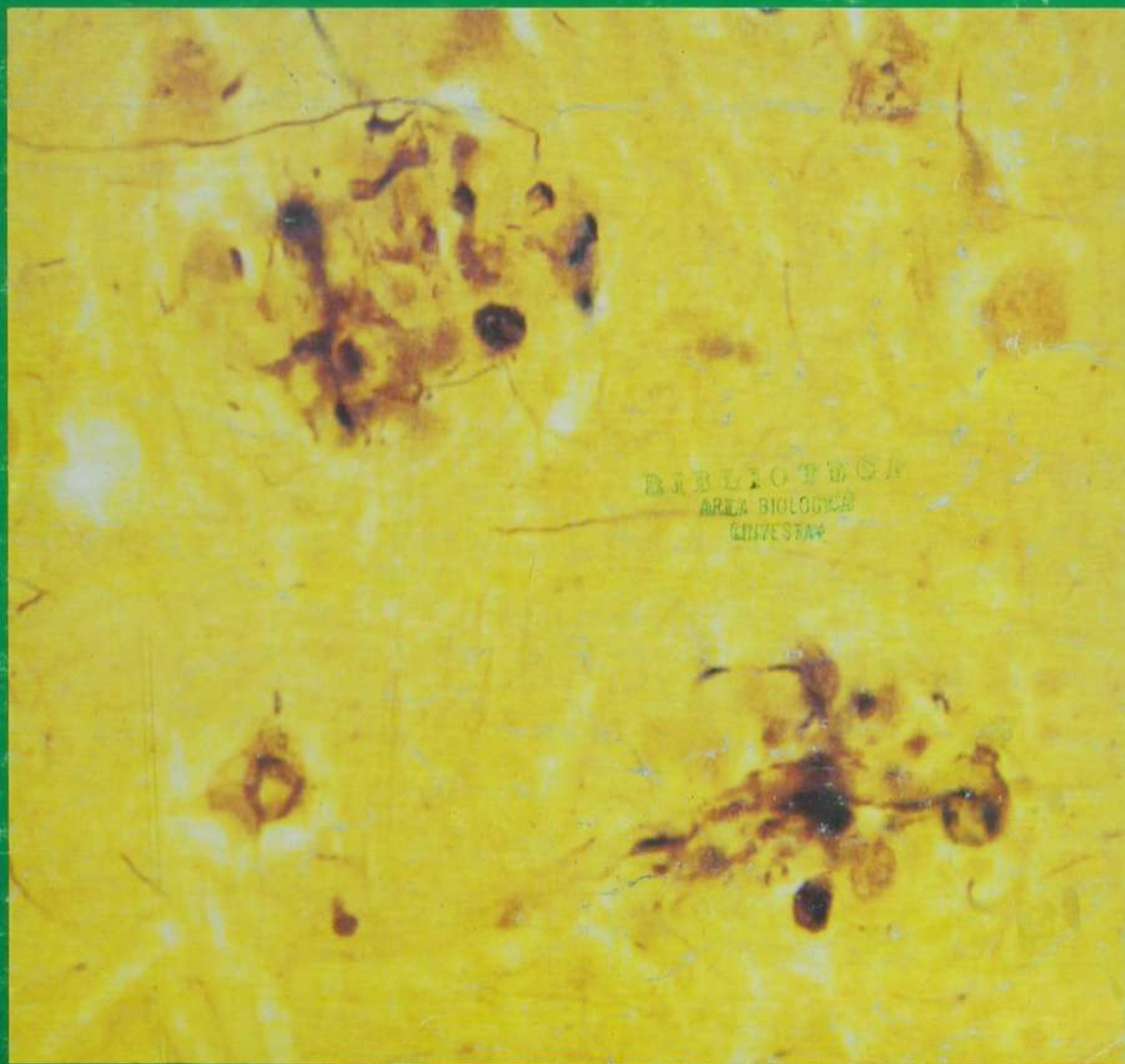
AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 12, julio-agosto

México ISSN 0185-14111 • N\$ 5.00

**Pablo Rudomín en El Colegio Nacional
Evaluación de los científicos sociales
XII Seminario sobre Amibiasis**





CONACYT

CONVOCATORIA

PROGRAMA DE APOYO DE ESTANCIAS POSDOCTORALES Y SABATICAS PARA CIENTIFICOS DE IBEROAMERICA

El Gobierno Federal constituyó el Fondo para la Creación de Cátedras Patrimoniales de Excelencia con el propósito de estimular el mejor desarrollo científico de nuestro país. El CONACYT convoca a las instituciones de educación superior y de investigación a presentar como candidatos a científicos provenientes de Iberoamérica para que con apoyo del Fondo puedan realizar estancias posdoctorales o sabáticas en ellas.

POSDOCTORADOS

Estos apoyos están destinados a científicos provenientes de países de Iberoamérica, que hayan obtenido su doctorado recientemente y deseen tener una estancia por un año en una institución nacional de educación superior o de investigación.

ESTANCIAS SABATICAS

Estos apoyos están destinados a investigadores del más alto nivel provenientes de Iberoamérica, que tengan período sabático y que estén dispuestos a disfrutarlo en una institución de educación superior o de investigación nacional.



BASES

El CONACYT otorga fondos a la institución receptora para cubrir la plaza en el nivel que ésta proponga, de acuerdo con una evaluación académica interna, que será ratificada o rectificadora por el CONACYT en consulta con el comité de evaluación correspondiente. En la solicitud de apoyo pueden incluirse salarios y estímulos a la productividad, así como la beca correspondiente del Sistema Nacional de Investigadores. El apoyo no incluye gastos de traslado. Las instituciones solicitantes harán la propuesta presentando la siguiente documentación:

- (a) Solicitud en el formato de la Dirección Adjunta de Investigación Científica (DAIC).
- (b) Desglose detallado del monto solicitado.
- (c) Carta del órgano técnico competente de la institución que especifique y justifique los niveles de la plaza y de percepción propuestos.
- (d) Copia del tabulador oficial vigente de la institución.
- (e) Curriculum Vitae del candidato
- (f) Curriculum Vitae del académico responsable de la estancia.
- (g) Plan de trabajo que se pretende desarrollar, que debe contener, como parte fundamental, investigación, formación de recursos humanos e impartición de cursos.

La entrega de las solicitudes deberá hacerse en CONACYT Dirección Adjunta de Investigación Científica Av. Constituyentes 1046, primer piso Col. Lomas Altas, 11950 México D.F.

Las solicitudes se presentan en los formatos correspondientes a Cátedras Patrimoniales de Excelencia nivel II, que se pueden recoger en la Ventanilla de Atención al Público del CONACYT, en la planta baja del domicilio anterior; la entrega de solicitudes estará abierta durante todo el año.

Suscríbese a :



AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Suscripción anual (6 números)

México: N\$ 30.00

Norte y Centroamérica: \$ 20 US dólares

Europa y Sudamérica: \$ 30 US dólares

Nombre: _____ Tel. _____

Domicilio: _____ C.P. _____

Colonia: _____ Delegación _____

Ciudad: _____ Estado _____

Cheques y Giros Postales (Administración de Correos 14)
a nombre del CINVESTAV.

CAMBIO DE DOMICILIO:

Envíenos su nueva dirección a:

Avance y Perspectiva, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México D.F.
o llámenos al Tel/Fax 752 74 43, Tel. 754 02 00 Ext. 2536

CUPON DE CORRECCION:

Nombre: _____ Tel: _____

Domicilio: _____ C.P. _____

Colonia: _____ Delegación: _____

Ciudad: _____ Estado: _____

COMENTARIOS: _____

AVANCE Y PERSPECTIVA

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 Asociado: Gabino Torres Vega
Coordinación editorial: Martha Pérez de Izarrarás
Diseño y cuidado de la edición: Rosario Morales A. y Josefina Munguía Romero
Redacción: Carlos Chimal
Tipografía: Carolina Herrera Z.

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
Jesús González Hernández,
 Unidad Saltillo
Rubén López Revilla,
 Departamento de Biología Celular

Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV
Captura: Ma. Eugenia López y Pilar Moreno
Distribución: Sección coordinadora de cursos en provincia

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a julio-agosto de 1993, volumen 12, se terminó de imprimir en junio de 1993. El tiraje consta de 7,000 ejemplares. **Editor responsable:** Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán, Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. **Negativos, impresión y encuadernación:** S.O. Arte Gráfico y Publicidad, Dr. Daniel Ruiz #31-2, Col. Doctores 06700, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1993, vol. 12, pág. 248. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

Publicación patrocinada por el CONACYT.

Avance y Perspectiva se distribuye en forma gratuita a los miembros de la comunidad del CINVESTAV y a las instituciones de educación superior. Suscripción personal por un año N\$ 30.00

Sumario Vol. 12, julio-agosto de 1993

-
- 195 Mecanismos de control de la información sensorial en el sistema nervioso central de los vertebrados
Pablo Rudomín
- 207 Pablo Rudomín en El Colegio Nacional
José Sarukhán
- 213 Los primeros 50 Años de El Colegio Nacional
Adolfo Martínez Palomo
- 215 Reflexiones sobre la ciencia y sus aplicaciones
Héctor Mancha Molinar y Francisco Cepeda Tijerina
-

Perspectivas

- 221 Algunas dificultades en la evaluación de los científicos sociales
Guillermo de la Peña
-

229 Noticias del Centro

Avances de Ciencia y Tecnología

- 233 XII Seminario sobre amibiasis
Esther Orozco
- 237 Los superconductores de alta temperatura
Carlos Chimal y Víctor Sosa
-

Innovaciones educativas

- 243 Realidad de las fuerzas ficticias
Víctor Sosa Villanueva
-

Matices

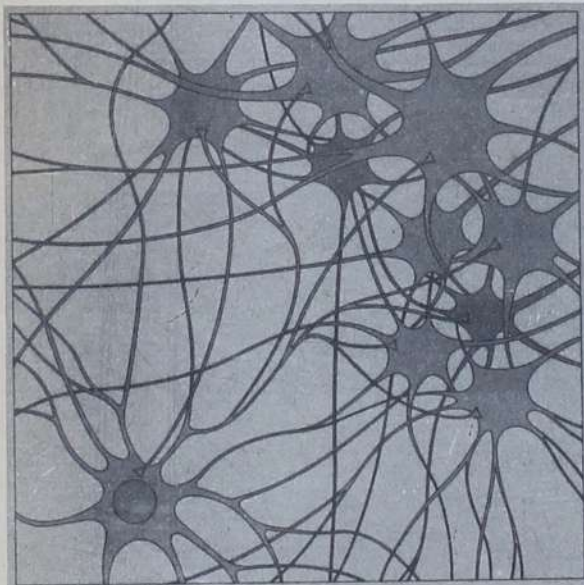
- 249 Marcelino Cerejido y sus patrañas
Douglas Handsome
- 254 Llegaron las computadoras
Guadalupe Díaz Tepepa
-

Portada: Plaquetas y neuronas que contienen centros neurofibrilares vistas con técnicas de microscopía fluorescente.

CENTRO DE INVESTIGACION
Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN

Maestría y Doctorado en Fisiología, Biofísica y Neurociencias

El departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias (DFBN) del CINVESTAV tiene una planta de investigadores interesados en el desarrollo de la investigación científica en las áreas de Biomédica, Fisiología, Biofísica y Neurociencias. Para ello, cuenta con una biblioteca bien dotada y actualizada, equipo e instalaciones adecuadas para la ejecución de técnicas experimentales de vanguardia, talleres de mecánica y electrónica y bioterio.



CALENDARIO ESCOLAR

Los programas se desarrollan por semestre. Los cursos dan comienzo en enero de cada año. La selección de aspirantes se realiza en la primera semana de septiembre.

REQUISITOS DE ADMISION

Título de licenciatura en alguna de las ramas de la Física, Biología, Ciencias Exactas o Ciencias Biológicas, o bien poseer una preparación equivalente. Los interesados deberán presentarse para una evaluación de conocimientos básicos y entrevistas personales. Se requieren conocimientos del idioma inglés (mínimo traducción).

BECAS: CONACyT

Para mayor información:

Dirigirse al Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias, Coordinación Académica.
Av. IPN No. 2508 esq. Clz. Ticomán
Apdo. Postal 14-740, C.P. 07000 México, D.F.
Teléfono: 754-02-00 exts. 5186, 5160, 5138
Télex: 17772826 PPTME

Mecanismos de control de la información sensorial en el sistema nervioso central de los vertebrados

Conferencia de ingreso a El Colegio Nacional, 25 de febrero de 1993



Pablo Rudomín

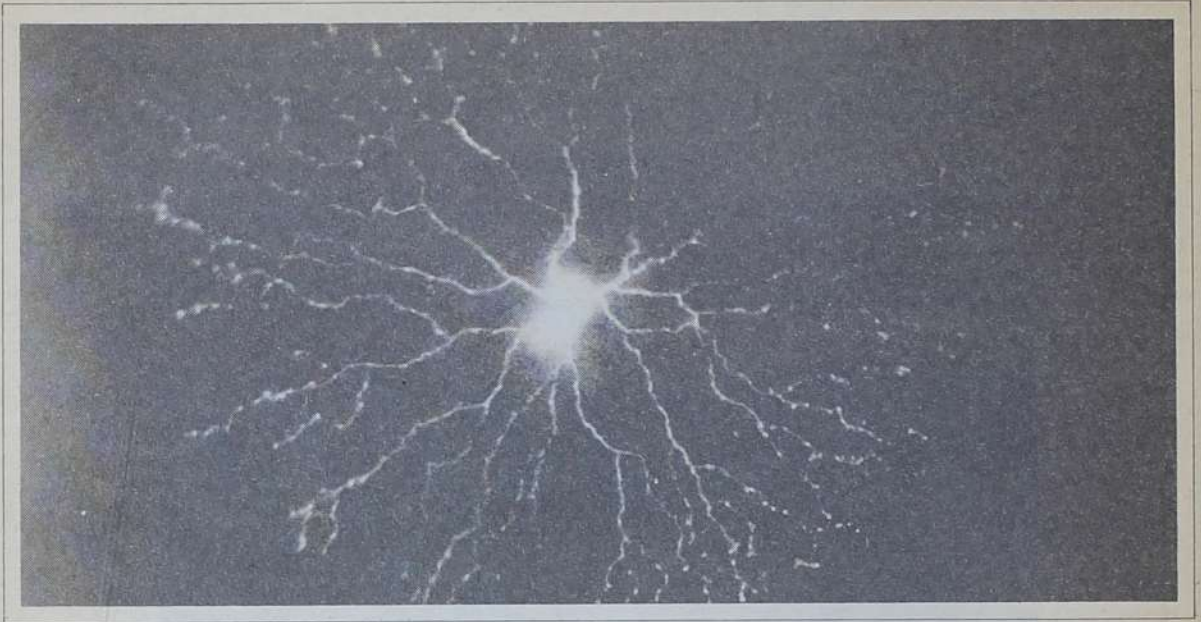
La investigación científica: un ideal

Hace 40 años asistí, por primera vez, a un curso que impartió Arturo Rosenblueth en El Colegio Nacional. La claridad de sus exposiciones y el rigor con el que analizaba la evidencia experimental fueron extremadamente motivantes para mí.

El Dr. Pablo Rudomín, profesor titular y jefe del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav, es biólogo de la ENCB-IPN y doctor en ciencias (Fisiología) del Cinvestav. Su campo de interés es el estudio de la transferencia de información en el sistema nervioso y los mecanismos de inhibición presináptica.

En el medio social en que me desenvolvía existían enormes presiones para que me dedicase a actividades económicamente lucrativas. No había un entendimiento de la pasión por la investigación científica. Demostraciones de entrega, lucidez y claridad como aquellas de Arturo Rosenblueth y las de mi maestro Ramón Alvarez Buylla reafirmaron mi convicción de que la investigación científica es un ideal con el cual vale la pena comprometerse y me dieron la fuerza para seguir mi propio camino.

40 años después, estas presiones no han disminuido. Los jóvenes siguen enfrentando la



misma indiferencia social hacia su vocación, reflejo de que en nuestro país la ciencia, así como las otras manifestaciones culturales, siguen siendo consideradas actividades poco prioritarias.

El Colegio Nacional es uno de los pocos bastiones que tenemos para defender el conocimiento. Por ello me siento honrado de haber sido invitado a formar parte de él y comprometido a difundir, a través de esta institución de tanta tradición, los avances más importantes de la Neurofisiología y dar a conocer las contribuciones que mis colaboradores y yo hemos hecho en esta disciplina. Me sentiré recompensado si puedo influir para que algunos jóvenes, tanto hombres como mujeres, consideren la investigación científica como la gran aventura de su vida, al igual que yo hace 40 años.

Sistema nervioso central

En el curso de esta presentación deseo exponer algunos de los aspectos más importantes de la investigación que hemos realizado en relación a la forma en la que el sistema nervioso central controla la información que recibe de los músculos, y de cómo utiliza esa información para programar

un movimiento. Dada la naturaleza heterogénea de esta audiencia, no puedo entrar de lleno a estos temas sin antes revisar algunos conceptos generales del funcionamiento del sistema nervioso y de la manera como se transmite la información entre las células nerviosas. Todos estos temas los analizaré con mayor profundidad en los cursos que habré de impartir en este Colegio, a los cuales están todos ustedes invitados.

La Neurofisiología es una ciencia eminentemente experimental. La complejidad de los fenómenos que analiza es enorme. Más que formular leyes, los neurofisiólogos analizamos comportamientos particulares con los cuales intentamos generar modelos aproximados que expliquen el funcionamiento del sistema nervioso.

Nuestro sistema nervioso está constituido aproximadamente por un millón de millones (10^{12}) de células nerviosas. Las neuronas son los elementos que se especializan en transmitir y procesar información. Las células gliales proporcionan sostén y nutrición a las neuronas. Gracias a la actividad de nuestras neuronas nos podemos relacionar con el mundo externo y ajustar nuestras reacciones y movimientos a las circunstancias siempre cambiantes, aumentando así nuestras probabilidades de sobrevivencia. La actividad

neuronal es el sustrato de nuestras emociones, deseos, sueños, y pensamientos.

El sistema nervioso de las especies animales, incluyendo a la especie humana, es el resultado de un proceso evolutivo de millones de años. El reconstruir todos los episodios de esta historia ha sido imposible hasta la fecha. Sin embargo, podemos comparar los sistemas nerviosos de las especies actuales, destacar sus diferencias y semejanzas, y delinear las diversas tendencias evolutivas.

De estos estudios queda claro que el sistema nervioso sigue un patrón común desde los vertebrados primitivos, como la lamprea, hasta los primates más evolucionados, como los gorilas y los humanos. Este patrón es diferente al del sistema nervioso de invertebrados como los moluscos, los anélidos y los artrópodos. Una de las diferencias fundamentales es la evolución cada vez mayor de la masa encefálica (cerebro y cerebelo) en los vertebrados, que culmina con la aparición de la corteza cerebral en las especies más evolucionadas. Como veremos, es en esta región externa de la masa cerebral en donde se han localizado varias de las funciones más elaboradas del sistema nervioso, entre ellas el control voluntario de los movimientos.

El estudio de los cambios que ocurren en el sistema nervioso, desde la fecundación hasta el organismo adulto, también nos dan pautas acerca de los caminos seguidos durante la evolución de las especies.

A pesar de las enormes diferencias entre los sistemas nerviosos de los vertebrados y los invertebrados, existen numerosos elementos comunes. Todas las especies animales tienen receptores sensoriales, que son órganos especializados en detectar los cambios del medio externo como temperatura, presión, luminosidad, etc., y en transmitir esa información a las neuronas centrales. La transmisión de información, la manera en que se comunican las neuronas entre sí y la forma en que hacen contacto con los músculos y las glándulas es prácticamente la misma en todas las especies. La diferencia real radica en el número de neuronas existentes en cada especie,

en el tipo de circuitos que forman entre ellas, y en cómo se modifican dichos circuitos con la experiencia. Mientras mayor es el número de neuronas, mayores son las posibles combinaciones de circuitos y, por tanto, mayor la capacidad funcional del sistema nervioso.

De lo anterior debe quedar claro que dadas las enormes semejanzas entre las distintas especies, las investigaciones realizadas en especies diferentes a la humana son de gran relevancia y utilidad para el conocimiento de nuestro sistema nervioso.

Desde hace años me ha cautivado la capacidad del sistema nervioso de seleccionar una acción particular entre múltiples opciones. Esto podría implicar la existencia de un propósito y, quizás, de autoconciencia. Mas el actuar con objetivos específicos no es exclusivo de los seres vivos. Con la disponibilidad de computadoras de gran capacidad y velocidad, en la actualidad se han construido modelos del sistema nervioso y robots que tienen objetivos particulares, que aprenden a optimizar sus acciones, a comunicarse con el mundo externo, y hasta tomar decisiones. Sin embargo, hasta donde sabemos, ello no los hace conscientes de su propia existencia. La autoconciencia es una experiencia individual y no podemos demostrar su existencia en los demás, tan sólo podemos inferirla.

En los seres vivos la ejecución de los programas no es exclusivamente consciente. El sistema nervioso regula en forma automática varias funciones, entre ellas las funciones cardíacas y respiratorias. Ejemplos de funciones conscientes son los movimientos voluntarios o los procesos cognitivos. Tomar un objeto en nuestras manos, usar el tacto para determinar su peso, textura y consistencia, el mirarlo para determinar su forma y color, y formar juicios de valor acerca de dichos atributos son procesos conscientes.

La selección de las alternativas más adecuadas para una acción determinada sólo es posible en la medida en que el sistema nervioso cuente con modelos adecuados del mundo externo y del organismo del que forma parte. El grado de congruencia entre esos modelos y la re-

alidad determinará la capacidad de sobrevivencia del organismo. Por ejemplo, imaginémosnos un mono tratando de asirse a una rama para escapar del tigre que lo persigue. Su éxito no sólo dependerá de que exista dicha rama, sino de lo adecuado de sus modelos visuales y motores. Si sus modelos visuales no le permiten una apreciación adecuada de la ubicación de la rama, el mono se caerá y se lo comerá el tigre. Lo mismo sucederá si sus modelos de movimiento son incorrectos. Sin embargo, si su salto es exitoso, el animal podrá sobrevivir, y en la medida en que la capacidad de generar los modelos que le permitieron dar el salto correcto esté determinada genéticamente, dichos modelos se convertirán en una ventaja evolutiva.

Ciertamente, entre una de las metas importantes de las Neurociencias está el entender cómo se generan los modelos neuronales que permiten el control del movimiento tanto en condiciones normales como patológicas.

A principios del siglo XIX, el fisiólogo austriaco Franz Joseph Gall propuso que todas las facultades mentales, incluyendo las morales e intelectuales, estaban controladas por regiones específicamente localizadas en los hemisferios

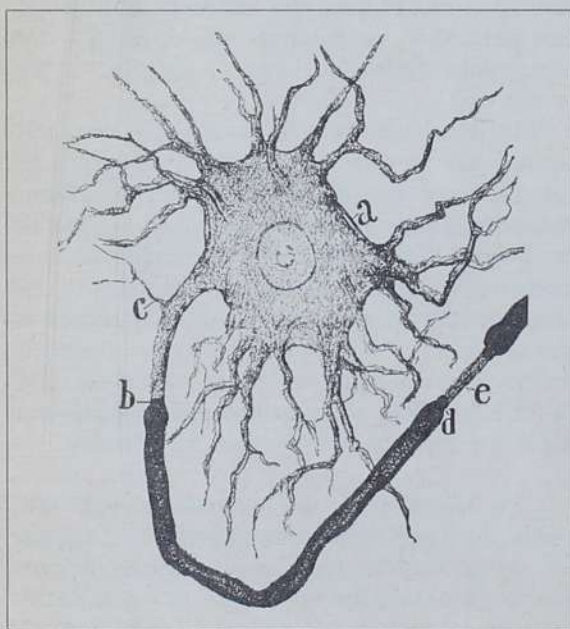
cerebrales. Si bien al principio esta propuesta fue aceptada por sicólogos, y dio lugar a la frenología (intento de relacionar las facultades mentales con la forma exterior del cráneo), causó oposición entre fisiólogos que tan sólo reconocían tres grandes regiones funcionales en el cerebro: los hemisferios cerebrales, el bulbo y el cerebelo. Cada una de estas entidades era considerada como una sola unidad, y se le atribuían papel sensorial, vital y motor respectivamente. No se consideraba por tanto, la existencia de regiones especializadas dentro de la corteza cerebral.

La idea de localización de las funciones cerebrales prosperó posteriormente con los estudios clínicos del cirujano francés Pierre Broca (1824-1880), quien encontró que pacientes con lesiones de la tercera convolución frontal del lado izquierdo del cerebro tenían dificultades en la articulación del lenguaje. En la misma época se observó que la estimulación de algunas áreas de la corteza cerebral producía contracciones musculares, lo que llevó a los fisiólogos a postular la existencia de un área motora involucrada con el control del movimiento. Poco después se encontró que las funciones motoras y las sensoriales están localizadas en distintos sitios de la corteza cerebral.

Técnicas no invasivas

En los últimos años, el desarrollo de técnicas no invasivas, como la tomografía por emisión de positrones y la resonancia magnética nuclear, ha permitido visualizar en forma más directa los cambios asociados a la actividad neuronal en el sistema nervioso central durante la ejecución de movimientos, la acción de distintas drogas, el sueño y durante el desarrollo de diversos procesos mentales.

Los resultados obtenidos son impactantes. Escuchar una palabra produce un aumento de actividad neuronal en los lóbulos temporales. Leer la misma palabra produce un aumento de actividad en los lóbulos occipitales. Al pronunciar la palabra se activa la corteza motora y pensar en la palabra activa el área de Broca.



Neurona del lóbulo cerebral según Ramón y Cajal.

Estas técnicas también han permitido detectar las áreas del cerebro que son más afectadas por epilepsia, esquizofrenia, mal de Parkinson y enfermedad de Alzheimer, entre otras, lo que es de gran utilidad en el diagnóstico.

El uso de técnicas no invasivas como la tomografía de positrones y resonancia magnética nuclear, combinadas con la administración de drogas y neurotransmisores, han abierto una ventana a un mundo antes inaccesible, mostrando que las funciones mentales tienen una base material. También han permitido localizar las regiones de la corteza cerebral que están involucradas en la generación de movimientos voluntarios.

Sinápsis

Si bien muchas de las funciones del sistema nervioso pueden analizarse a nivel global, entender cómo se transmite la información entre neuronas requiere un análisis más detallado. La médula espinal es un buen modelo para este tipo de investigaciones. Su organización anatómica es bastante más sencilla que la de la corteza cerebral o el cerebelo. En la médula espinal existe una separación anatómica de las vías sensoriales y motoras. Los receptores sensoriales están inervados por fibras nerviosas que llegan a la médula espinal a través de las raíces dorsales. En cambio, las fibras que llevan los comandos para la contracción muscular salen de la médula por las raíces ventrales. Estas últimas son los axones de las neuronas motoras o motoneuronas que están en la médula espinal. Como demostró el eminente científico español Santiago Ramón y Cajal en 1888, las terminales de las fibras sensoriales se aproximan a las motoneuronas y establecen conexiones con ellas, tal y como lo indica la teoría neuronal. Las conexiones entre neuronas han sido llamadas sinápsis y son los sitios a través de los cuales se transmite la información.

La estimulación eléctrica de las vías sensoriales produce una serie de respuestas eléctricas en las vías motoras. La más precoz de ellas se obtiene cuando entre la fibra sensorial y la motoneurona existe tan sólo una sinápsis. Esta res-

puesta ha sido llamada *reflejo monosináptico*; en contraste, las respuestas tardías se deben a la activación de vías en las que hay varias sinápsis interpuestas.

En la vía monosináptica, las fibras sensoriales son el elemento presináptico, y las neuronas motoras el elemento postsináptico. Es interesante notar que el término reflejo fue utilizado por vez primera en 1670 por el gran filósofo francés René Descartes para describir los movimientos producidos en respuesta a un estímulo doloroso, por analogía con la luz que se refleja en los espejos.

Las fibras sensoriales, que están en contacto monosináptico con las motoneuronas, provienen de receptores que son muy sensibles al estiramiento. Tales receptores, llamados *husos musculares*, deben su nombre por su forma parecida a la de un huso de costura, y juegan un papel muy importante en el control de la longitud muscular. Estos receptores están formados por dos elementos, uno muscular y otro neuronal. El segundo responde al estiramiento y genera una serie de pulsos eléctricos denominados potenciales de acción. Cada uno de estos potenciales dura alrededor de una milésima de segundo y es siempre de la misma amplitud, o sea que se trata de una señal "todo o nada", similar a las señales binarias en computación. La información acerca del grado de estiramiento muscular está contenida en la frecuencia con que ocurre esta señal. A mayor estiramiento, mayor frecuencia de respuesta.

En condiciones normales, los músculos no están completamente relajados, sino que tienen un cierto tono debido a la actividad sostenida de las motoneuronas que los inervan. Al estirar el músculo por la aplicación de una carga externa se estirarán los husos musculares, lo que aumentará la actividad de la motoneuronas con las que están en contacto. Ello producirá una contracción en el mismo músculo, que se opondrá a un estiramiento adicional. Este reflejo fue llamado *reflejo miotático* por el gran fisiólogo inglés de principios de este siglo, Sir Charles Sherrington, y constituye la base del control utilizado por el organismo para mantener la posición corporal. Un

componente importante del reflejo miotático es monosináptico.

Respuesta de una sola célula

En 1952, el australiano Sir John Eccles y colaboradores lograron los primeros registros intracelulares de motoneuronas en la médula espinal. Con ello se inicia la época moderna de la Neurofisiología. Nunca antes se había tenido la posibilidad de analizar las respuestas de una célula individual, habiéndose hasta entonces tenido que inferir todo a partir de extrapolaciones de las respuestas de toda una población de neuronas. Para dar una idea del impacto de estas técnicas, es como si se pudiera analizar el comportamiento de una persona a través de sus características como individuo, en lugar de tener que inferirlas del comportamiento de toda la ciudad.

Estos investigadores encontraron los mecanismos que explican el reflejo miotático: Observaron que el interior de las motoneuronas es aproximadamente 50 milésimas de volt negativo respecto al exterior. Este voltaje, denominado *potencial de membrana*, aunque pequeño comparado con lo que se requiere para encender una radio o un televisor, es significativo para la función de las neuronas.

La estimulación de las fibras provenientes de los husos musculares produce un cambio transitorio en el potencial de membrana de la motoneurona. Este cambio de potencial es la respuesta de la motoneurona a las sustancias químicas, o neurotransmisores liberados por las terminales de las fibras sensoriales, y ha sido denominado *potencial postsináptico excitatorio* porque ocurre en la motoneurona que, como ya mencioné, es el elemento postsináptico en esta vía. Mientras este potencial no pase de un nivel crítico, queda confinado en la misma motoneurona.

En cada motoneurona convergen muchas fibras sensoriales, todas ellas haciendo contacto monosináptico. Al aumentar la intensidad del estímulo se activan más fibras sensoriales y se

produce en la motoneurona una respuesta de mayor amplitud, que es proporcional a la suma de los potenciales producidos por cada fibra. Cuando el potencial postsináptico rebasa dicho nivel crítico se produce un potencial de acción en la motoneurona, el cual se propaga a lo largo del axón hasta activar las fibras musculares, generándose así tensión o movimiento.

El reflejo miotático producido en un músculo extensor puede ser inhibido al estirar un músculo antagonista (flexor en este caso) y viceversa. El componente monosináptico del reflejo miotático también puede ser inhibido mediante la estimulación eléctrica de las fibras provenientes de los husos musculares de músculos antagonistas. Esta inhibición se debe a un cambio de potencial en la motoneurona, también debido a la acción de un neurotransmisor, que es de signo opuesto al potencial postsináptico excitatorio, y por tanto ha sido denominado *potencial postsináptico inhibitorio*.

Este potencial inhibitorio aparece con un retardo de media milésima de segundo con respecto al potencial postsináptico excitatorio producido en la misma motoneurona. Este retardo se debe a la existencia de una interneurona interpuesta en la vía inhibitoria que también puede ser activada desde el cerebro. Por tanto, el sistema nervioso tiene la capacidad de inhibir la actividad de las motoneuronas ya sea por estímulos provenientes de los receptores sensoriales o por comandos centrales.

Inhibición presináptica

En 1957, los fisiólogos americanos Kark Frank y Michael Fuortes encontraron que la estimulación de fibras sensoriales provenientes de algunos músculos flexores podía producir inhibición al disminuir la amplitud de los potenciales postsinápticos excitatorios de las motoneuronas de músculos extensores, sin producir cambios importantes en las propiedades eléctricas de la motoneurona que estaban registrando en técnicas intracelulares. En virtud de ello propusieron que la inhibición no ocurría en la motoneurona, sino antes de la



Dr. Pablo Rudomín

sinápsis, en las terminales de las fibras sensoriales. Por ello la llamaron *inhibición presináptica*.

La existencia de un mecanismo que puede modificar la eficacia sináptica de las fibras sensoriales fue una contribución de extrema importancia para el entendimiento de cómo el sistema nervioso procesa la información que recibe de los receptores cutáneos y musculares. Antes de estos hallazgos se consideraba que las fibras sensoriales eran meros conductores de potenciales de acción y que todo procesamiento de la información proporcionada por esas fibras ocurría postsinápticamente.

Creo que es interesante mencionar que la publicación en la que se postuló por primera vez la existencia de inhibición presináptica en el sistema nervioso central no excedió de una cuartilla. Apareció como resumen de la presentación en un congreso y sólo contiene la palabra inhibición presináptica en el título. Estos científicos apenas publicaron una nota más en 1959 con relación a este tema y jamás volvieron a ocuparse de él. Sin embargo, esta es una de las contribuciones más citadas en toda la literatura de la neurofisiología de la médula espinal. Algo que nos muestra cómo el impacto de una determinada

idea no depende de la extensión ni del número de trabajos publicados.

En 1962, Eccles y colaboradores sugieren, sin comprobar, que la inhibición presináptica se produce por la activación de un grupo específico de interneuronas que tienen contactos sinápticos con las terminales de las fibras sensoriales y liberan ácido gama amino butírico (GABA) al ser activadas. El que la inhibición presináptica pudiese ser mediada por un neurotransmisor la convertía en un mecanismo de control altamente selectivo, dado que se inhibirían únicamente aquellas fibras sensoriales que recibiesen contactos sinápticos de las interneuronas.

La existencia de mecanismos selectivos de control presináptico de la transmisión de información puede equipararse al control del flujo de llamadas en un conmutador telefónico que funciona a base de interruptores cuya apertura o cierre es controlado desde la central telefónica.

En 1964, con Harold Dutton, y posteriormente en 1969, con José Madrid, estudiamos el comportamiento de las respuestas monosinápticas de las motoneuronas durante inhibición pre- o postsináptica. Nuestras investigaciones mostraron

que para reflejos monosinápticos de la misma amplitud promedio, la relación señal-ruido de estos reflejos es mayor durante inhibición presináptica que durante inhibición postsináptica. Es decir, durante la inhibición presináptica la información se transmite con mayor claridad. Estos resultados, completamente inesperados, indican que no todos los tipos de inhibición son equivalentes en sus efectos sobre la información transmitida en circuitos neuronales.

En estos estudios también analizamos la relación existente entre las respuestas monosinápticas de una sola motoneurona y la respuesta colectiva de la población a que pertenece. Si todos los miembros de una población de motoneuronas se activasen al mismo tiempo, la contracción muscular podría ser tan intensa que llegaría a lesionar el músculo y los tendones. La variación en el número de motoneuronas que responden ante un estímulo dado es una de las formas usuales en que el sistema nervioso controla el grado de contracción muscular.

Durante la inhibición presináptica cambia la relación entre las respuestas de las motoneuronas individuales y las de la población a que pertenecen. En otras palabras, el grado de pertenencia de una motoneurona individual a la población puede ser controlado por el sistema nervioso central. Nuestros estudios indicaron que este mecanismo de control es altamente específico, de tal forma que podrá ser utilizado con objeto de seleccionar de entre todos los circuitos neuronales disponibles solamente los necesarios para realizar un movimiento en particular. Esta posibilidad es una clara expresión de una de las características más importantes del sistema nervioso que ya mencioné, la de tener la capacidad de escoger caminos individuales dentro de múltiples alternativas.

Concentración de potasio

Entre 1974 y 1975 varios grupos de investigadores encontraron que en condiciones normales la concentración extracelular de potasio en la médula espinal es relativamente baja, pero que aumenta hasta cinco veces al estimular las raíces

dorsales con trenes de pulsos cuyas frecuencias e intensidades son relativamente altas. Ellos argumentaron que este incremento en la concentración extracelular de potasio era de una magnitud suficiente como para afectar a todas las neuronas presentes en la región, incluyendo a las fibras sensoriales. En virtud de ello propusieron que la acumulación de potasio es la responsable de la inhibición presináptica.

Esta propuesta constituyó un argumento serio en contra de la especificidad del control presináptico que nosotros sosteníamos. El que la acumulación del potasio fuese la única responsable de la inhibición presináptica equivaldría a tirar una cubeta llena de agua de mar a los circuitos de una computadora y suponer que en esas condiciones podríamos analizar el funcionamiento normal de dicha computadora. Curiosamente, muchos fisiólogos aceptaron sin mucha resistencia la hipótesis del potasio.

Afortunadamente fuimos tenaces. Después de muchas peripecias, logramos que el fisiólogo checo Ladislav Vyklicky, el máximo promotor de la hipótesis del potasio, viniese a México. Junto con Marcos Solodkin e Ismael Jiménez encontramos que la estimulación de nervios provenientes de músculos flexores puede producir una marcada inhibición presináptica de las terminales de las fibras de los husos musculares sin incrementar en este sitio la concentración extracelular de potasio. Esto excluyó la hipótesis del potasio como el causante único de la inhibición presináptica.

Gracias al trabajo de varios grupos de investigación, incluyendo el nuestro, hoy sabemos que la inhibición presináptica de las fibras provenientes de los husos musculares y también la de receptores localizados en los tendones resulta de la activación de grupos específicos de interneuronas que hacen contacto directo con las terminales de estas fibras sensoriales en la médula espinal. Tal y como lo sugirió Eccles hace 30 años, al activarse estas interneuronas se libera ácido gama amino butírico (GABA), el cual actúa sobre la membrana de las fibras sensoriales. Como consecuencia, disminuyen las probabilidades de que estas fibras sensoriales liberen su propio neurotransmisor, lo

que las excluye del circuito seleccionado para cierta acción.

Control de información

Como mencioné al principio de esta conferencia, la corteza motora juega un papel importante en el control de movimientos voluntarios. Es por ello que nos pareció necesario analizar los efectos producidos por la estimulación eléctrica de esta estructura cerebral sobre la inhibición presináptica.

En experimentos realizados con Jorge Quevedo y con José Ramón Eguibar, hemos encontrado que la corteza cerebral puede ejercer un control altamente específico sobre las interneuronas que median la inhibición presináptica. La especificidad de este control es tan elaborada que existen vías separadas que permiten un ajuste independiente de la información sobre longitud y tensión muscular. Incluso las terminales de dos fibras sensoriales que provienen del mismo músculo pueden estar sometidas a un control presináptico diferente.

Estos hallazgos proporcionan la base para explicar las observaciones del fisiólogo sueco Hans Hultborn y del francés Emmanuel Pierrot-Deseilligni realizadas en seres humanos. Ellos encontraron que varios milisegundos antes de una contracción muscular voluntaria disminuye la inhibición presináptica de los husos musculares provenientes del músculo que se ha de contraer, a la vez que aumenta la inhibición presináptica de los husos provenientes de los músculos que no se van a contraer. Esto implica que antes de que se efectúe un movimiento voluntario, el sistema nervioso central *sabe o decide* qué información requiere de la periferia para la ejecución de ese movimiento en particular y cuál información puede o debe suprimir.

¿Qué relación tiene este mecanismo de control presináptico de la información que precede al movimiento con la actividad de la propia corteza motora? Las investigaciones del fisiólogo griego Apostolos Georgopoulos aportan información im-

portante acerca de la secuencia de eventos que ocurren en la corteza motora justamente antes de la ejecución de un movimiento voluntario.

En monos entrenados para mover el brazo siempre en la misma dirección cada vez que se prende una luz, este investigador encuentra que muchas de las neuronas de la corteza motora se activan también varios milisegundos antes de la ejecución del movimiento. El vector de dirección que se obtiene sumando la actividad anticipada de alrededor de 100 neuronas es casi igual a la dirección del movimiento. Es decir, que antes de la ejecución de un movimiento voluntario se genera en la corteza cerebral una representación bastante fiel de la dirección de dicho movimiento. Considerando que la corteza motora tiene millones de neuronas, es importante que un número tan bajo de ellas pueda usarse para generar un movimiento tan específico.

Aunque aún no se establece con precisión cuál es la relación temporal entre los cambios anticipados de la inhibición presináptica y el aumento anticipado de la actividad de las neuronas corticales, la similitud del tiempo en que ocurren nos hace pensar que existe una relación causa-efecto entre ambos eventos.

Nuestra hipótesis es que la semejanza que existe entre la representación cortical que antecede al movimiento y el movimiento en sí se debe, cuando menos en parte, a los mecanismos de inhibición presináptica. Tanto las interneuronas que median la inhibición presináptica como las neuronas de la corteza motora son parte de un circuito complejo con retroalimentación continua, en el cual la información que sube de los receptores musculares a la corteza cerebral activa a las neuronas corticales, a la vez que los comandos descendentes que van de la corteza motora a la médula espinal controlan la actividad de las interneuronas que median la inhibición presináptica, lo que, a su vez, modifica la información sensorial que asciende al cerebro.

La selección de la información que proviene de los receptores sensoriales es parte de un proceso de optimización que tiene como resultado incrementar la excitabilidad de aquellos cir-

cuitos neuronales que se necesitan para la realización de un movimiento específico y la supresión de aquellos que son innecesarios. Como resultado de estas interacciones se logra una mayor correlación entre la representación cortical del movimiento y el movimiento en sí.

En otras palabras, se genera un estado en el cual las motoneuronas indispensables para realizar el movimiento estarán listas para responder a los comandos cerebrales, mientras que la excitabilidad de las otras neuronas estará disminuida y requieren de estímulos significativamente más intensos y enfocados para responder. Esto permite que cuando finalmente lleguen los comandos de ejecución, el sistema podrá funcionar de manera eficiente aun si estos comandos no son de alta precisión.

Como comentarios finales acerca del papel de la inhibición presináptica en el control de información es interesante notar que las vías descendentes, que son las que llevan los comandos para la ejecución de movimientos, pueden afectar los circuitos que producen inhibición presináptica en las vías ascendentes, que son las que llevan la información sensorial. Sin embargo, esas vías descendentes no están sometidas en sí mismas a un control presináptico. Esto sugiere que los comandos descendentes tienen prioridad sobre la información sensorial.

El otro punto interesante es que los mecanismos de inhibición presináptica que he presentado han sido encontrados únicamente en las fibras sensoriales provenientes de la piel y de los músculos. Sin embargo, fibras sensoriales que se originan en órganos vitales como el corazón y las arterias no están sujetas a inhibición presináptica. Ello tiene sentido, ya que la información de estas fibras es utilizada para mantener un nivel constante de presión arterial y oxígeno en el organismo. La interrupción de esta información descompensaría gravemente al sistema.

Reflexiones personales

Deseo terminar esta presentación con algunas reflexiones personales. Mi vida entregada a la cien-

cia ha sido una constante formulación de preguntas y búsqueda de respuestas. Hubiese yo deseado que estas respuestas fueran simples y claras. Pero las respuestas obtenidas son complejas y difíciles de comprender. El proceso de investigación requiere de la capacidad de interpretar estas sutiles y obscuras señales con las cuales la naturaleza revela sus secretos, y cambiar rápidamente de dirección cuando esto sea necesario. Es para ello indispensable una enorme espontaneidad, pero también disciplina y rigor.

Esta combinación de disciplina, rigor y espontaneidad, aunada a la pasión y el compromiso, es la base de la investigación científica y sólo se puede transmitir a las siguientes generaciones con el ejemplo. Estoy convencido de que el aprendizaje de la investigación científica debe hacerse en estrecha colaboración con científicos de gran experiencia. Sin embargo, esto no debe transformarla en un proceso solemne, ya que después de todo es una gran aventura guiada por la curiosidad infantil.

Mientras preparaba yo esta conferencia, uno de mis hijos me preguntó cómo había llegado a decidirme por la inhibición presináptica como tema de mis investigaciones. Su pregunta me parece interesante, ya que a menudo tengo que lidiar con ella al interactuar con mis estudiantes. El camino que seguí para llegar a esta decisión refleja lo fortuito del proceso de investigación.

A los 18 años yo ya sabía que quería dedicarme a la investigación científica, pero no tenía idea en qué área. El encuentro con la Neurofisiología fue meramente circunstancial. De la misma manera me podría haber dedicado a la Genética o a la Bioquímica. Si no lo hice fue porque Alvarez Buyla fue la primera persona que encontré totalmente comprometido con la investigación. Su laboratorio estaba envuelto en un aura de misterio que atrapó mi imaginación.

En 1961 regresé a México después de una estancia de trabajo en el extranjero al recién fundado Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, que dirigía Arturo Rosenblueth, con el cual había trabajado anteriormente en el Instituto Nacional de Cardiología. El primer año lo dediqué a

estudiar la fisiología de los reflejos laringeos. Encontré que la estimulación de la corteza cerebral producía una inhibición prolongada de estos reflejos.

Eccles acababa de publicar sus trabajos sobre inhibición presináptica y pensé que la inhibición que yo había encontrado podía tener el mismo origen. Aún recuerdo el escepticismo de Rosenblueth cuando presenté esa idea en un seminario. Sin embargo, mi intuición me decía que había algo importante en la inhibición presináptica. La posibilidad de que el sistema nervioso pudiese inhibir selectivamente las respuestas de las motoneuronas a distintas entradas sinápticas me pareció sumamente atractiva, no sólo por sus implicaciones fisiológicas sino, tengo que aceptarlo, por su elegante simplicidad y belleza.

Así es como me ví involucrado en esta línea de investigación a la que me he dedicado desde entonces. A pesar de no estar de acuerdo conmigo, Rosenblueth me dio las facilidades necesarias para que yo prosiguiera con mi investigación, lo cual es signo de la tolerancia y el respeto que debe haber en toda actividad humana.

Al principio las ideas que tenía yo, respecto a este mecanismo de control eran ambiguas. Quizás mi mayor virtud haya sido haberme dejado guiar por el problema mismo. Cada vez que yo contestaba una pregunta, el gato me salía con otras diez, y yo simplemente he seguido las indicaciones del gato, ya que, como decía el propio Rosenblueth, el gato siempre tiene la razón.

A veces siento que he estado dando vueltas alrededor de un círculo, pero, según el Prof. Anders Lundberg, uno de los neurofisiólogos que más admiro y un buen amigo: "Insistir repetidamente en un tema no es andar en círculos, sino en espirales: va uno pasando cada vez a un nivel más alto y más profundo".


Ahora, 30 años después, estoy apenas vislumbrando el posible impacto que todas estas preguntas y respuestas acerca del control presináptico pueden tener sobre el procesamiento de información en todo el sistema nervioso y veo con optimismo el futuro, porque sé que todavía

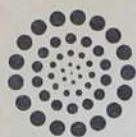
hay muchas preguntas por hacer y muchos problemas por resolver. El tema al que me he dedicado aún no se agota; por el contrario, sus implicaciones han crecido enormemente.

Con frecuencia me pregunto si esta forma de estudiar segmentos pequeños y aislados del sistema nervioso realmente nos llevará a *entender* las funciones de todo el conjunto. Aquí afrontamos un problema que consideraría de tipo estructural respecto del conocimiento científico. Es claro que cada científico que estudie el cerebro lo hará usando metodologías propias de su especialidad. Así, el biólogo, el matemático, el químico y el sicólogo terminarán con modelos distintos del sistema nervioso, todos ellos válidos desde el punto de vista de su especialidad.

Tal especialización ha llegado a un nivel que, incluso dentro de cada rama, las distintas subdivisiones ya no se comunican entre sí. Cada quien habla su propio idioma. Estamos viviendo lo que yo llamo el "síndrome de la torre de Babel". Queremos llegar al cielo, pero cada quien lo hace por su propio lado, desperdiciando las escaleras construidas por otros.

Ningún individuo por sí mismo es capaz de abarcar todo el conocimiento disponible y vislumbrar el posible impacto de los hallazgos realizados en las numerosas áreas de especialización. Enfrentar esta paradoja es uno de los grandes retos, que, como sociedad, debemos resolver para aprovechar al máximo el acervo del saber humano.

Quiero agradecer a los miembros de El Colegio Nacional por la distinción que me han otorgado al recibirme como miembro en esta institución. También quiero agradecer a mi esposa Flora, a mis hijos, a mi madre, así como a mis estudiantes y colegas por todo el apoyo que me han otorgado durante estos años de búsqueda. Por haberme animado cuando he estado deprimido, ya fuese por experimentos que no salían o por los inevitables problemas administrativos y burocráticos que lo distraen a uno de la investigación, y especialmente por sus preguntas, críticas y comentarios, que me hacen volver a poner los pies en la tierra. Dedico esta conferencia a mi nieto Diego Iván. 



CONACYT

CONVOCATORIA

EVALUACION DE REVISTAS CIENTIFICAS MEXICANAS

En virtud de la creciente necesidad que tiene la comunidad académica de contar con bases más concretas para la valoración de los artículos publicados en revistas científicas nacionales, el **CONACYT** se ha dado a la tarea de llevar a cabo una evaluación académica de estas revistas, con el fin de tener medios más objetivos para considerar las publicaciones de investigación que aparecen en México. Por esta razón, se convoca a las instancias responsables de la publicación de revistas científicas nacionales a que las sometan a la evaluación del **CONACYT**.

BASES

1. Se revisarán exclusivamente revistas de investigación, que publiquen artículos de investigación con resultados originales. No se aceptarán revistas con traducciones ni de divulgación científica.
2. Las revistas presentadas deben contar con arbitraje nacional e internacional.
3. Deben contar con un cuerpo editorial de reconocido prestigio nacional e internacional.
4. Deben contar con una amplia distribución nacional e internacional y deben tener impacto internacional.
5. La solicitud de evaluación debe venir acompañada de la siguiente documentación:
 - (a) Carta de presentación del editor o del cuerpo editorial.
 - (b) Ejemplares de los últimos números de la revista.
 - (c) Copias de los formatos de evaluación que se envían a los árbitros.
 - (d) Datos estadísticos que incluyan el número de artículos recibidos por año, el porcentaje de

rechazo, el número de artículos procedentes del extranjero que se aceptan, datos sobre factor de impacto, lista de los índices internacionales en los que se consigna la revista.

(e) Cualquier otra información que se considere importante para sustentar la propuesta.

6. Los resultados de este proceso servirán como una de las bases para las evaluaciones de proyectos de investigación y de solicitudes para el Sistema Nacional de Investigadores.

7. La evaluación la llevará a cabo un comité integrado por miembros de la comunidad científica, nacional e internacional, del más alto nivel

8. El resultado de la evaluación de revistas científicas mexicanas será distribuido ampliamente en la comunidad científica.

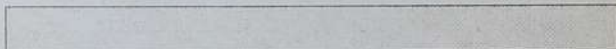
9. Las solicitudes se recibirán a partir de la fecha de publicación de esta convocatoria y hasta el 11 de junio del presente año.

La entrega de las solicitudes deberá hacerse en:

CONACYT

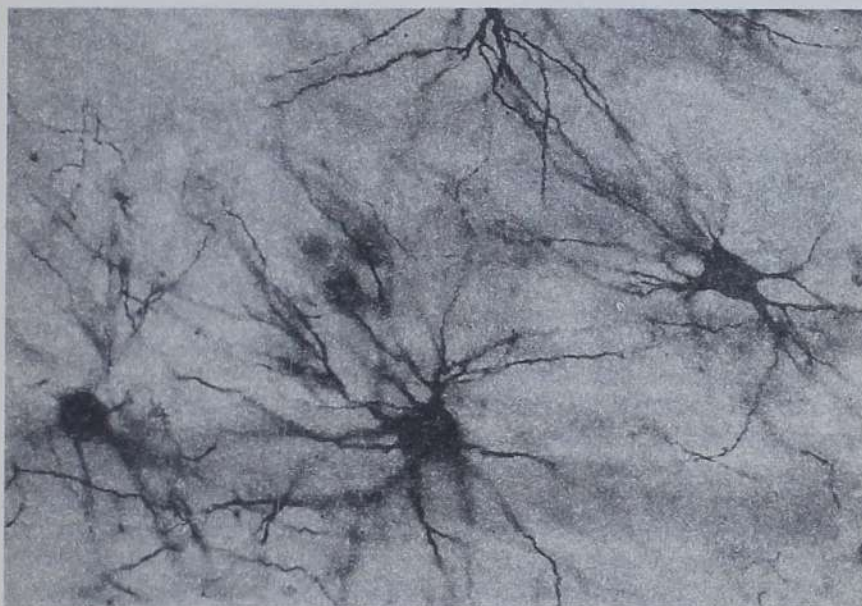
Dirección Adjunta de Investigación Científica
Av. Constituyentes 1046, primer piso
Col. Lomas Altas
11950 México, D.F.

Mayor información podrá obtenerse en la Subdirección de Apoyos Especiales. Teléfono: (915) 3 27 74 00, ext. 7294



Pablo Rudomín en El Colegio Nacional

Contestación al discurso de ingreso del doctor Pablo Rudomín a El Colegio Nacional, 25 de febrero de 1993.



Neuronas de un núcleo lateral geniculante, *The Enchanted Loom*, p. 253.

José Sarukhán

Si algo ha inquietado al ser humano a lo largo de su apenas naciente vida cósmica, ha sido el conocimiento de sí mismo. Su afán por descubrir los misterios que ofrece la naturaleza o las leyes que rigen los cuerpos celestes no es, por mucho, comparable con su fascinación por el funcionamiento, en el sentido más amplio, de su cuerpo y de su mente. El que los primeros *Homo sapiens* se dieran cuenta de que sus potencialidades les daban ventajas competitivas sobre otros homínidos, fue cuestión de vida o muerte; es, aun hoy en día, un problema de supervivencia individual y de la especie.

En este siglo, sin embargo, hemos presenciado un avance científico y tecnológico sin precedente en la historia de la humanidad que nos ha puesto en condiciones muy favorables en relación con la interpretación de ciertos aspectos del fenómeno humano no explicados hasta ahora. Hemos dado el gran salto en la medida que la medicina, la bioquímica, la biología molecular, la fisiología celular, nos brindan herramientas para entender mejor los mecanismos del cuerpo humano. En cuanto a la mente, la naturaleza de la conciencia humana, esa razón singular de nuestra superioridad frente a otros animales, apenas empieza a ser desentrañada por la ciencia.

René Descartes, en el siglo XVII, describía la mente como un ente no material, imagen que dio lugar a la discusión, que se ha mantenido por

siglos, sobre la relación entre mente y cerebro. Hoy sabemos que la mente es una operación integrada por el cerebro humano, pequeño órgano de apenas un kilo y medio de peso, pero dotado de la estructura más compleja que existe en el universo conocido. Contiene cerca de 100 mil millones de neuronas con gran diversidad de formas y estructuras moleculares, y cada neurona es, a su vez, una compleja computadora y un vasto aparato de síntesis química. Al mismo tiempo, el cerebro del hombre o de la mujer es un ejemplo de subutilización de un órgano. Resulta paradójico —y hasta sobrecogedor— pensar que el número posible de interacciones entre las neuronas cerebrales es, para todos los fines prácticos, infinito, y que sólo utilizamos una pequeña fracción de esa verdadera galaxia de neuronas.

El hombre, junto con el delfín, poseen los cerebros más desproporcionadamente grandes de los mamíferos. Sin embargo, hay una profunda diferencia entre ellos. El tamaño del cerebro de los delfines no ha variado en forma sensible en los últimos 20 millones de años, mientras que en el hombre el desarrollo más vigoroso en tamaño tuvo lugar en los últimos 250,000 años. No contamos con una explicación satisfactoria acerca del crecimiento casi exponencial del tamaño del cerebro humano en tan corto tiempo y que se desfasa del tamaño esperado sobre la base de relaciones alométricas, como sucede con las demás partes de un organismo.

El cerebro es, sin duda, la región humana más complicada y más fascinante. Es, como dice Pablo Rudomín, el órgano que nos hace ser lo que somos: seres pensantes, capaces de percibir, sentir, reír, llorar.

Se han obtenido ya resultados impresionantes que muestran correlaciones entre características mentales y patrones de impulsos nerviosos. En los últimos treinta años se ha avanzado con paso firme en el conocimiento de cómo funcionan las neuronas, cómo se comunican y cómo se organizan. Pero, ¿a qué nos ha de llevar todo este conocimiento? Al avanzarse en la comprensión de la naturaleza humana, se van encontrando aplicaciones para el bienestar del individuo, que van desde la regeneración de lesiones periféricas

o la recuperación de trastornos motores, hasta la creación de métodos para aliviar el dolor, pasando por la cura de adicciones y por el tratamiento de desórdenes mentales.

Y más allá de estas aplicaciones importantes, se encuentra otro nivel de análisis que tiene que ver con los procesos de aprendizaje, con la memoria, con la relación entre mente y cerebro.

Dado que el cerebro es una estructura *sui generis*, no hay duda de que nuestra capacidad para entender cómo funciona requerirá de enfoques muy diferentes a los que nos han permitido entender el mundo físico y que, probablemente, serán cercanos a los métodos que requeriremos para entender los complejos sistemas ecológicos. Este hecho, en palabras de Richard M. Restak, no es una expresión de nihilismo, sino de humildad.

Ambos, sistema nervioso y ecosistemas, representan la integración de numerosos y complejos elementos que los forman, y que responden a numerosos estímulos externos. Dichos estímulos son filtrados y procesados por cada uno de tales elementos en un proceso estabilizador del sistema total que conocemos como homeostasis. Esta homeostasis, que produce la regulación y estabilización de un ecosistema, está igualmente presente en el sistema nervioso, del cual depende la estabilidad misma del organismo. No quiero sugerir con esto que el ecosistema sea, en remembranza de la vieja idea clementsiana, un *organismo*; es, sí, un complejo funcional que tenderá a mantenerse en equilibrio estable con los factores de su ambiente, o modificará ese equilibrio en la medida en que los factores de ese ambiente se modifiquen.

¿Hasta dónde se podrá llegar con el enfoque molecular —algunos dirán reduccionista— en el estudio del comportamiento del sistema nervioso? Edward O. Wilson, el famoso entomólogo propulsor de la sociobiología y un importante estudioso de la sicobiología, mantiene que no se podrá ir muy lejos en este campo si no se analiza el problema en el contexto de la síntesis moderna, la teoría neo-darwinista, que busca explicaciones acerca del comportamiento en términos de su

valor adaptativo-evolutivo a través de millones de años.

Neuronas, dendritas, glía, axón, sinápsis químicas y eléctricas, presinapsis, impulsos nerviosos, transmisión de información excitatoria e inhibitoria, habilidad para formular y emplear conceptos complejos, potencialidad cerebral. Este es el léxico y el mundo científico del doctor Pablo Rudomín; en el alcance de los resultados obtenidos por él a lo largo de 40 años radica la importancia del trabajo de este reconocido investigador de talla internacional, que ingresa hoy a El Colegio Nacional y que constituye apenas el tercer biólogo en la historia de esta institución.

El doctor Rudomín nos ha dejado entrever en su conferencia algunos rasgos suyos que van más allá de su personalidad como investigador y que nos permiten conocer a un cálido ser humano que se distingue por ser, entre muchas otras cosas, un hombre agradecido, porque reconoce la deuda que todo investigador tiene con el trabajo de quienes le precedieron; obligado con los maestros que dejaron una profunda huella en su vida y despertaron en él la pasión por la investigación y de quienes aprendí, nos dice Rudomín, el significado de comprometerse con un ideal; generoso en su entrega a la enseñanza porque afirma que el hecho de poder influir para que algunos jóvenes consideren a la investigación científica como la gran aventura de sus vidas es retribución suficiente para él.

En la trayectoria de Rudomín se ejemplifica con claridad la misión de la ciencia y del científico: la búsqueda del conocimiento que demanda, más que cualquier otra actividad social o psicológica del hombre, juicio crítico, imaginación, coraje y determinación. ¿Cuál es el origen de un concepto novedoso si, una vez reconocido, resulta obvio hasta para un lego en el asunto? Creo que es la necesidad del hombre por satisfacer su curiosidad; sin límites ni fronteras, sin el temor de aprender, aceptando la sorpresa y, quizá, hasta la posible aplicación negativa del hallazgo. Aceptando, asimismo, que las ideas y los conceptos que constituyen el cuerpo medular del conocimiento científico de la humanidad, se desarrollan poco a poco, en un lento proceso de



Dr. José Sarukhán

comparación, de selección de la información disponible, de evaluación de datos e ideas y, finalmente, de su incorporación a dicho cuerpo de conocimiento.

La ciencia es considerada por aquellos que la cultivan como un reto. Una expresión de este reto en las neurociencias viene de Paul MacLean, quien asevera que el interés en el estudio del cerebro no requiere más justificación que la curiosidad acerca de asuntos tan simples como saber por qué estamos aquí, qué hacemos y hacia dónde vamos.

El doctor Pablo Rudomín Zevnovaty nació en la ciudad de México, en 1934, de padres rusos, llegados a nuestro país en los años veinte. Egresado de la Escuela Nacional Preparatoria, en el Colegio de San Ildefonso, estudió posteriormente la carrera de biología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y, más tarde, la maestría en ciencias, con especialidad en fisiología. Realizó su doctorado en ciencias (fisiología) en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) institución en donde ha realizado, desde entonces, la mayor parte de su carrera científica.

Las aportaciones que ha hecho Pablo Rudomín cubren varios campos. La trayectoria de su

vida profesional ha sido una larga secuencia de preguntas cuyas respuestas han ido enriqueciendo el acervo de la ciencia mexicana del siglo XX; de esta manera, sus primeras investigaciones, realizadas junto al doctor Ramón Alvarez-Buylla, constituyen una aportación importante en el campo de la fisiología renal, al igual que sus investigaciones tendientes a analizar la dinámica de la circulación capilar pulmonar. En el Instituto Nacional de Cardiología se dedicó al estudio de los efectos de la hipoxia sobre la excitabilidad del músculo cardíaco y sobre los sistemas que controlan la presión arterial.

Una década antes, el propio Instituto de Cardiología y, en particular, el doctor Arturo Rosenblueth, habían recibido a Norbert Wiener como profesor visitante. De los trabajos desarrollados por estos dos científicos en esa época sobre los impulsos eléctricos cerebrales, Wiener apuntó: "Desde el principio me sorprendí de las similitudes que existen entre el sistema nervioso y la computadora digital. No pretendo sostener que estas analogías sean completas... simplemente quiero sugerir que determinados aspectos de su comportamiento (refiriéndose al cerebro) se aproximan a una computadora digital". Casi cincuenta años después y, pese al avance tecnológico en materia de computación y de los esfuerzos por emular el funcionamiento del cerebro, se sigue pensando que aun estamos lejos de tal objetivo. De cualquier forma, se abrió la puerta a un nuevo campo de investigación que es de sumo interés en nuestros días.

Con las becas que obtuvo el doctor Rudomín de las fundaciones Guggenheim y Rockefeller pudo hacer, junto con otros investigadores, estudios —de los primeros que se hicieron en esta área— sobre los campos receptivos sensoriales de neuronas en la corteza cerebral del gato; cabe señalar que estos trabajos son considerados ahora como clásicos. En Italia realizó estudios que constituyen los primeros intentos por registrar, con micorelectrodos en hipotálamo, las proyecciones sensoriales en el diencéfalo.

A su retomo a México, retoma los trabajos iniciados años atrás, para analizar en forma

dinámica los mecanismos que regulan la presión arterial. De 1967 a la fecha, ya en el Cinvestav, la mayor parte de sus trabajos han estado orientados fundamentalmente a profundizar en el estudio de la transferencia de información en el sistema nervioso. Sus contribuciones sobre la inhibición presináptica, tema sobre el que acaba de ofrecernos tan docta disertación, han tenido gran aceptación entre los neurofisiólogos del mundo.

La abundante labor de investigación desarrollada en estos años ha cristalizado en 99 artículos —los dos más recientes aun no han visto la luz— publicados en los medios especializados del más alto nivel; en la asistencia y participación en más de 50 congresos internacionales y más de 60 nacionales. Además, ha intervenido en cerca de un centenar de cursos y simposios, y dictado innumerables conferencias.

Merece atención especial el interés del doctor Rudomín por los trabajos de divulgación científica a los que ha dedicado parte importante de su empeño; obras como *El Sistema Nervioso: maravilla que empezamos a descifrar* es un buen ejemplo de ello. Por su prestigio en el campo de la neurofisiología, ha sido invitado a colaborar en los comités y consejos editoriales de las principales revistas científicas en la materia y es miembro del consejo editorial de *Molecular and Cellular Neurobiology*. En 1959 ingresó a la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas y, de entonces a la fecha, ha ingresado y es miembro de las sociedades de neurociencias más importantes del mundo.

Por su brillante carrera se ha hecho merecedor a innumerables premios, becas, donativos y reconocimientos. Ha sido becario de las fundaciones John Simon Guggenheim y Rockefeller; ha recibido los premios Alfonso Caso, Nacional de Ciencias, Príncipe de Asturias y Luis Elizondo, entre otros. Fue presidente de la Academia de la Investigación Científica; es miembro del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República, del Consejo Asesor de la Dirección del CONACyT y del Comité de Selección Bower Award, otorgado por el Instituto Franklin de Filadelfia, Estados Unidos.




Aunado a lo anterior, existe otra faceta del doctor Rudomín que quiero resaltar: su preocupación por el desarrollo de la ciencia en México y por constituir una masa crítica de científicos que apoyen este desarrollo. En múltiples ocasiones públicas, en artículos y en charlas informales, Pablo Rudomín ha alzado la voz para decir: "Me gustaría ver llegar el día en que estemos igualmente convencidos (todos los mexicanos) que el conservar e incrementar los recursos humanos de alto nivel en nuestro país sea también una prioridad nacional, casi tan importante como el aire que respiramos". No en vano Wiener había dicho de su estancia en México: "En todos lados me encontraba alguien con talento, fresco y activo, en formación. Los mexicanos están bastante conscientes de la distancia que tienen que recorrer para alcanzar el nivel de países más maduros que el suyo en cuanto a reputación científica se refiere, pero asimismo resueltos a no quedarse atrás, y a compensar con doble esfuerzo su arribo tardío a la historia de la ciencia".

El ingreso del doctor Pablo Rudomín a El Colegio Nacional será muy enriquecedor para todos sus miembros: por su trayectoria científica, por su pasión por la ciencia y por México, y por

la importancia de los problemas a ser estudiados en las neurociencias, lo cual queda de manifiesto en el comentario de dos físicos, recipiendarios por separado del Premio Nobel, quienes a la pregunta de cuál sería el campo de estudio en el que se otorgaría el Premio Nobel para el fin de este siglo, respondieron, sin mayores dudas, que sería en el estudio del cerebro.

Para finalizar, doctor Rudomín, quiero mencionar, en apoyo al comentario anterior, que el trabajo de los neurofisiólogos no pueden dejar de lado la recomendación de Thomas Lewis en relación con la mente. Dice Lewis: "Si se quiere, como un experimento, escuchar el funcionamiento de toda la mente al mismo tiempo, póngase en el tocadiscos *La pasión según San Mateo* y elévese el volumen al máximo. Este es el sonido de todo el sistema nervioso central de todos los seres humanos de una vez". Vale la pena intentar el experimento. Posiblemente en ese nivel de análisis están algunas de las respuestas a las incógnitas más fascinantes de la mente humana.

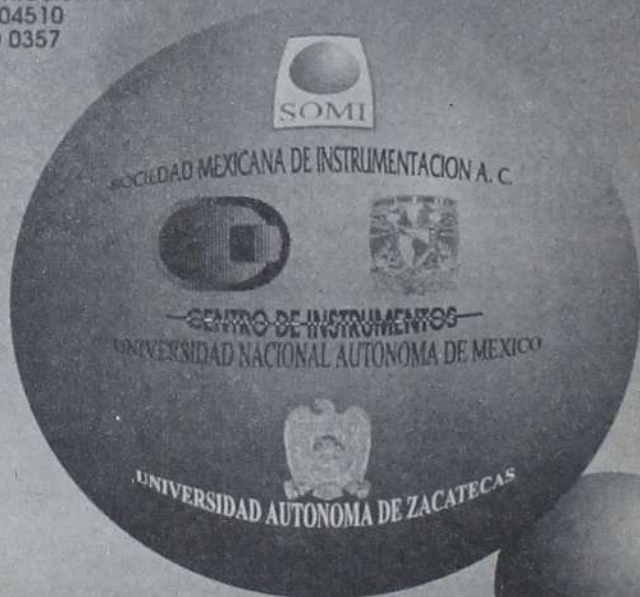
Bienvenido, doctor Pablo Rudomín, a El Colegio Nacional. Enhorabuena. 

VIII CONGRESO NACIONAL DE INSTRUMENTACION

6, 7 y 8
Octubre de 1993
Zacatecas, Zac

Conferencias Magistrales Sesiones Cartel

Informes:
Sociedad Mexicana de Instrumentación A.C.
Apdo. Postal 70-186 Coyoacán, 04510
México D.F. tel. 550 0416 Fax 550 0357



Los primeros 50 años de El Colegio Nacional

Discurso pronunciado en la sesión solemne de conmemoración del quincuagésimo aniversario de la fundación de El Colegio Nacional, México, D.F., 14 de abril de 1993.



Adolfo Martínez Palomo

El Colegio Nacional fue creado en 1943 para vigorizar la conciencia y la unidad nacionales al reunir a representantes de la vida intelectual mexicana para que expresaran en sus aulas, con absoluta libertad, sus ideas, el resultado de sus investigaciones o de su creación artística. A lo largo de su historia ha conservado el saber del pasado, ha discutido el conocimiento del presente y, por qué no, ha analizado la planeación racional del futuro. Al fin y al cabo -decía Alfonso Reyes- aquí cabe todo, menos lo absurdo.

Si la historia de la ciencia y la cultura mexicana de los últimos 50 años se resume, en buena medida, en la lista de los miembros de El Colegio Nacional, esta casa habrá justificado su creación.

Nuestro lema "Libertad por el saber" sintetiza dos temas centrales: libertad y educación. La misma libertad que hemos ejercido hasta ahora y la misma libertad que seguiremos ejerciendo en el futuro. La educación es y seguirá siendo preocupación fundamental de El Colegio, institución de educación superior en busca del enriquecimiento cultural para unos, de la renovación del bagaje científico para otros y del estímulo intelectual para todos, a través del cultivo de la inteligencia y del fomento de la verdad y de la justicia.

Al fundarse El Colegio Nacional, tanto la población de México como su Producto Interno

El Dr. Adolfo Martínez Palomo, profesor titular y jefe del Departamento de Patología Experimental del Cinvestav, es médico cirujano y doctor en ciencias egresado de la UNAM. Sus áreas de interés son la biología del cáncer, de las membranas biológicas y de las enfermedades parasitarias frecuentes en México.



Bruto eran, aproximadamente, la cuarta parte que en la actualidad; casi dos tercios de los habitantes no sabían leer ni escribir y la esperanza de vida promedio era de 43 años. La matrícula en la educación primaria representaba entonces más del 90% del total del sistema educativo nacional, que tenía menos de 20 mil alumnos en el nivel superior; se satisfacía menos del 70% de la demanda de la educación primaria, menos del 5% de la secundaria y menos del 1% de la del nivel superior. La escolaridad media no llegaba a dos años.

El mundo y el México que vieron nacer a El Colegio Nacional hace 50 años son muy diferentes a los de nuestros días. Lo mismo podrán decir nuestros sucesores dentro de 50 años, cuando la población de México sea de 150 a 180 millones de habitantes, cuando el país tenga un crecimiento poblacional estable, una población promedio más vieja y una esperanza de vida superior a los 80 años de edad.

Si durante los próximos 50 años el Producto Interno Bruto nacional creciera sostenidamente al 5% anual, el Producto Interno Bruto per cápita actual se multiplicaría por un factor cercano a cinco. Este crecimiento económico requerirá de grandes esfuerzos, de inteligencia y de visión para

continuar el impulso que hoy se imprime a la educación y a la capacidad científica y tecnológica del país.

Al inicio del próximo siglo presenciaremos una nueva revolución tecnológica e industrial debido a los avances en la biotecnología, nuevos materiales, informática y comunicaciones. Los conocimientos científicos de hoy serán los productos comercializables más cotizados del futuro en un mundo en el que la guerra militar ha sido sustituida por la guerra económica.

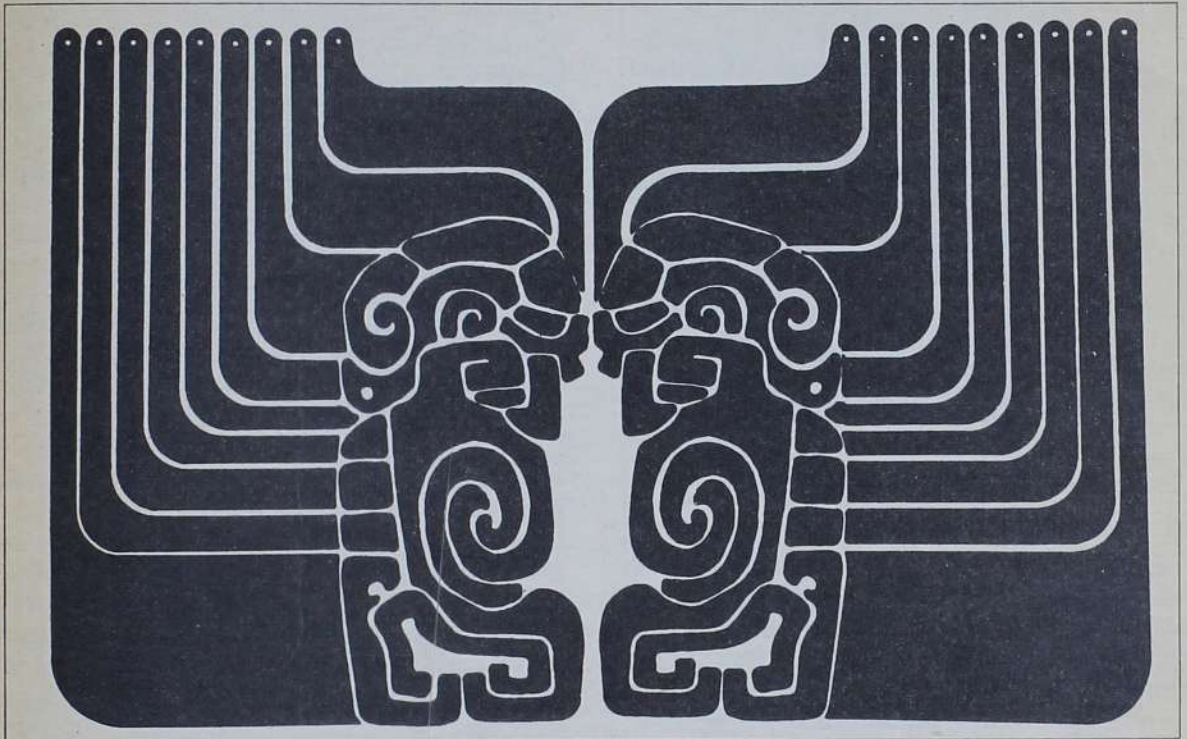
Sin educación ni ciencia que multipliquen las capacidades logradas hasta hoy, seríamos sólo espectadores del crecimiento de otros. Seguiremos siendo, en cambio, protagonistas de un desarrollo efectivo si la educación y la ciencia continúan ocupando, en el futuro, el sitio privilegiado que tienen hoy entre los valores nacionales.

Al término de los próximos 50 años el país podrá ser tan diferente al México de hoy como el actual lo es del que vio nacer a El Colegio Nacional. Lo ocurrido en los pasados 50 años está sujeto a interpretación, pero no a modificación. Lo que pase en el próximo medio siglo pertenece, en cambio, al terreno de lo posible, al campo de la acción.

Recordamos aquí el pasado para comprometernos con el porvenir. El Colegio Nacional seguirá el ejemplo de grandeza y de entrega de sus fundadores, y redoblará sus esfuerzos para contribuir al fortalecimiento del patrimonio cultural y científico de México. ❁



Reflexiones sobre la ciencia y sus aplicaciones



Diseño estilizado de un circuito integrado con motivos prehispánicos, Angela González, Fermilab.

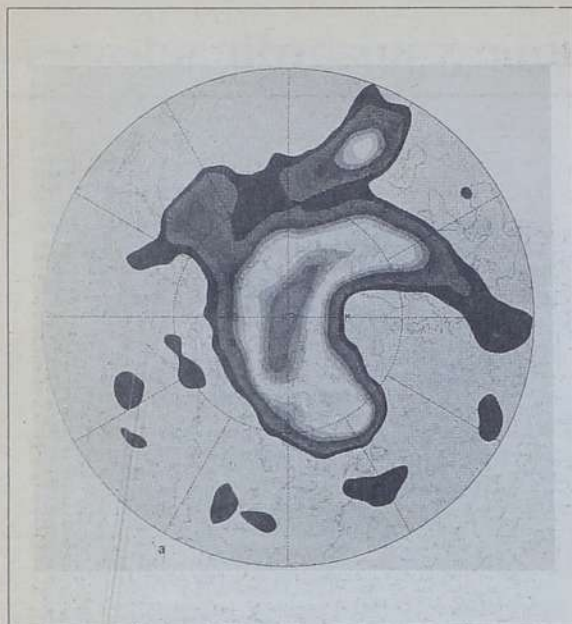
**Héctor Mancha Molinar
y Francisco Cepeda Tijerina**

Matemática y experiencia

En la física contemporánea es inevitable ver animarse un diálogo entre el experimentador provisto de instrumentos precisos y el matemático que ambiciona registrar rigurosamente la experiencia. Mientras que en los congresos de filosofía vemos a los filósofos intercambiar argumentos, en los congresos de física vemos a los experimen-

tadores y a los teóricos intercambiar informaciones. ¿No es necesario acaso que el experimentador se informe sobre los aspectos teóricos de los datos que el matemático estima fuertemente coordinados, sin lo cual el experimentador puede ser víctima en sus interpretaciones, de sus impresiones y sus apreciaciones sensibles muy personales? ¿No es necesario que el teórico se informe sobre todas las circunstancias de la experimentación, sin lo cual sus síntesis pueden resultar parciales o simplemente abstractas? Esto nos lleva a suponer que la física tiene dos polos filosóficos dentro de un campo del pensamiento precisados por la matemática y la experiencia.

El Dr. Héctor Mancha Molinar es investigador de la Unidad Saltillo del Cinvestav. El M. en C. Francisco Cepeda Tijerina realiza su programa de doctorado en el Instituto Tecnológico de Saltillo.



Estos polos constituyen las partes de una dialéctica, pues cuando es la experimentación la que informa de un nuevo fenómeno, el teórico no dejar de modificar la teoría reinante hasta que ésta pueda asimilar el hecho nuevo. Lograda esta modificación, el matemático logra demostrar que la nueva teoría debió prever la novedad, apelando a una especie de fecundidad recurrente, característica importante del racionalismo. El experimentador, lejos de burlarse de este retorno tal vez a destiempo hacia las fuentes de la previsión teórica, se felicita de que la matemática asimile su descubrimiento. Este experimentador, agradecido con la naturaleza, sabe que un hecho nuevo vinculado con el aspecto moderno de la teoría dominante recibe las garantías de una objetividad observada a profundidad. Se tiene la impresión de que el problema es bien visto por el simple hecho de que pudo ser previsto. La perspectiva teórica coloca al hecho experimental donde debe estar. Si el hecho es asimilado por la teoría, no se vacila ya sobre el lugar que debe recibir en el pensamiento. No se trata ya de un hecho en bruto, es ahora un hecho de cultura y, en adelante, será parte del diálogo entre el racionalista y el empirista.

Cuando es el teórico quien anuncia la posibilidad de un nuevo fenómeno, el experimentador

examina esa perspectiva si la siente en la línea de la ciencia moderna. La experiencia así asociada a proyectos teóricos no tiene nada en común con la investigación ocasional, con esas experiencias "para ver" que ningún sitio tienen en las ciencias fuertemente constituidas como es la física. A fin de que este diálogo se dé con precisión y tenga los frutos fecundos, es necesario que el teórico posea todo el pasado matemático de la física, es decir, toda la tradición racionalista de la experiencia. El experimentador debe, por su parte, conocer todo el presente de la técnica. Modernismo de la realidad técnica y tradición racionalista de toda teoría matemática son, pues, la doble condición para el desarrollo de la cultura y el pensamiento científico. Con esta doble condición satisfecha, seguramente estaremos en condiciones de dar respuesta a las siguientes preguntas:

¿En qué condiciones es posible dar razón de un fenómeno preciso? La palabra *preciso* es fundamental, pues es en la precisión en lo que la razón se empeña. ¿En qué condiciones es posible traer pruebas reales de la validez de una organización matemática desde la experiencia física? Han pasado ya los tiempos de considerar que la matemática era un simple medio de expresar las leyes de la física. La matemática es mucho más comprometida. No es posible fundamentar las ciencias físicas sin entrar en el diálogo filosófico del racionalista y el empirista, sin responder a las dos preguntas recíprocas anteriormente establecidas. En otros términos, el físico tiene la necesidad de la doble certidumbre: (i) que lo real está en relación directa con la racionalidad; (ii) que los argumentos racionales que atañen a la experiencia son ya parte de esa experiencia.

En pocas palabras, nada de racionalidad en vacío y nada de empirismo deshilvanado: estas son las reciprocidades filosóficas que fundan la estrecha y precisa síntesis de teoría y experiencia en la física contemporánea. Esta bicertidumbre es tan esencial que si uno de los términos falta, no es posible hacer experiencias o hacer matemáticas sin tener la sensación de no estar participando en la actividad científica de la física contemporánea. Esta doble certidumbre sólo puede fortalecerse mediante un diálogo tan riguroso donde no se pueda ni siquiera reconocer

la huella del viejo dualismo de los filósofos de confrontar un espíritu solitario ante un universo indiferente. Para los tiempos modernos es preciso colocarse en el centro, donde la mente que conoce está determinada por el objeto preciso de su conocimiento, y donde, en recompensa, ella determina con mayor precisión su experiencia. Es precisamente en esta posición central donde la dialéctica de la razón y la experiencia encuentran su mayor eficacia. Es en esta posición central donde se pueden manifestar tanto un racionalismo aplicado como un materialismo instruido.

Con el interés de ubicar en un contexto más general y amplio, señalaremos que esta posición central dialéctica, capaz de permitir el crecimiento y desarrollo del espíritu científico, es centro entre un idealismo y un materialismo ingenuos incapaces de dar cuenta de los valores de la física contemporánea.

Termodinámica y radiactividad

Ilustremos este debate con ejemplos particulares, fecundos, tomados del desarrollo histórico del conocimiento científico. Veamos animarse esta dialéctica en las obras de pares como Faraday y Maxwell; Newcomen, Watt y Carnot; Davison, Germer y de Broglie. La física del siglo XIX se puede caracterizar por la aparición de dos grandes teorías fundamentales: la termodinámica y el electromagnetismo, representadas por los trabajos de Carnot y la teoría de Maxwell que constituyen el fundamento teórico de la gran revolución industrial.

Un ejemplo interesante que anima esta dialéctica es la ciencia de los fenómenos caloríficos y la técnica de las máquinas térmicas como lo expresara Luis de Broglie: "En el siglo XVIII, con los Newcomen y los Watt, se conoció el empleo de la máquina de vapor, pero este empleo no pudo ser extendido y mejorado racionalmente hasta el día en que la termodinámica llegó a ser una ciencia segura de sus principios y de sus métodos". En el origen de esta ciencia se encuentra la admirable obra del sabio francés Sadi Carnot, quien con sorprendente penetración supo

percibir las bases de todo estudio exacto de las máquinas térmicas, y deducir los dos grandes principios de la termodinámica.

Es interesante mostrar aquí cómo en el desarrollo de la ciencia juega un papel muy importante la preparación y la capacidad de sus actores. Esta preparación pone en juego al mismo azar en el progreso científico. Recordemos un ejemplo memorable según las palabras del mismo de Broglie: "Si Henry Becquerel no hubiera tenido la idea, aparentemente fortuita, de revelar las placas que permanecían en la oscuridad de un cajón, y que, según sus previsiones no deberían estar impresionadas (pues según él era la luz solar quien sólo las podía impresionar), entonces el gran descubrimiento de la radiactividad se hubiera seguramente retardado. Sin embargo, es preciso no exagerar esta parte del azar en el descubrimiento: estos felices accidentes sólo suceden a quienes lo merecen, a aquellos que por un esfuerzo prolongado han llegado ya al borde del descubrimiento, a aquellos que habiendo consagrado una vida al estudio de una ciencia y conociendo a fondo todos los datos del problema que estudian, están absolutamente preparados para captar y reconocer la solución buscada cuando algún azar se las presenta de manera imprevista".

Cualquier causa fortuita hace caer el fruto que pende del árbol, pero esto ocurre cuando el fruto ha madurado lentamente y está a punto para desprenderse. Si el 1o. de marzo de 1896 Henry Becquerel, como resultado de una verdadera suerte llegó a revelar la actividad radiactiva del uranio, es porque una vida de trabajo prolongado, la de su padre y la de su abuelo, le había permitido conocer a fondo los fenómenos de radiación y de fosforescencia y comprender las investigaciones que entonces realizaba.

Así, a veces es el azar quien parece sembrar el grano del que surgirá el progreso decisivo, pero este grano no puede germinar más que si cae en un terreno que el trabajo y el talento han hecho apto para hacerlo fecundar.

Es interesante señalar cómo cuando se tiene la preparación y el talento, el azar y los errores no constituyen obstáculos al progreso científico,

pues estos pueden ser asimilados en su exacta dimensión o corregidos adecuadamente. Tal fue el caso de Carnot cuando en 1824 en la publicación de su obra sobre la potencia motriz del calor, con razonamientos inexactos que postulaban la conservación del calor, llegó a reconocer el segundo principio de la termodinámica. Este error fue corregido posteriormente en sus memorias publicadas después de su muerte, donde además enunció el principio de conservación de la energía, dando un valor bastante exacto del equivalente mecánico de la caloría. Con estas bases, Carnot se constituye en el verdadero fundador de la termodinámica que Mayer, Kelvin, Clausius, Clapeyron, Helmholtz, Joule y otros desarrollaron más tarde.

Electromagnetismo

Otro caso memorable de este diálogo nos lo proporcionan los progresos de la electricidad. Durante siglos, los hombres ignoraron casi totalmente la existencia de la electricidad y no percibieron el papel primordial que tiene en la naturaleza. En el siglo XVIII los trabajos de Gray y du Fay, de Romas, de Coulomb, de Galvani y de Volta atrajeron progresivamente la atención de los científicos hacia el misterioso fluido.

Al comienzo del siglo XIX, los descubrimientos en este dominio se acumulan rápidamente. Davy pone en claro las propiedades electrolíticas de las corrientes eléctricas. Oersted demuestra que estas corrientes crean alrededor de ellas campos magnéticos; el gran Ampere, secundado por Laplace, Arago, Biot y Savart, establece las leyes generales que regulan las acciones de los campos magnéticos sobre las corrientes. Ohm encuentra la ley que lleva su nombre; Faraday descubre el fenómeno fundamental de la inducción y las leyes de la electrólisis.

Más tarde, Maxwell codificará estos conocimientos en su teoría electromagnética que absorberá en su seno a la teoría ondulatoria de la luz y le permitirá predecir la existencia de las ondas que Henry Hertz descubrirá veinte años más tarde. En el prólogo de su tratado de electricidad

y magnetismo, Maxwell puntualiza el origen de su teoría y señala en forma clara la importancia de los trabajos experimentales de Faraday. Citemos las palabras de Maxwell cuando consagra las investigaciones de Faraday como la base experimental del electromagnetismo: "En cuanto comencé con el estudio de Faraday, comprendí que su manera de concebir los fenómenos era también una forma matemática, aunque no la presentara en la forma convencional de los símbolos matemáticos. Encontré también que estos métodos podían ser expresados en las formas matemáticas ordinarias y, por tanto, comparados con aquellos de los matemáticos. Por ejemplo, Faraday, con los ojos de su imaginación, ve líneas de fuerza atravesando el espacio donde los matemáticos ven centros de fuerza atrayendo a distancia. Faraday ve un medio donde ellos no ven más que distancias. Faraday busca el asiento de los fenómenos en acciones reales propagándose en el medio, mientras que ellos se satisfacen con encontrar un poder de acción a distancia propio de los fluidos eléctricos. Cuando traduje a las fórmulas matemáticas lo que consideré eran las ideas de Faraday, encontré que, en general, los resultados de los métodos coincidían, de modo que se describían los mismos fenómenos y se deducían las mismas leyes de acción. No obstante, los métodos de Faraday parecían aquellos en que uno comienza con el conjunto y llega a las partes por el análisis, mientras que los métodos más fecundos de investigación descubiertos por los matemáticos pueden expresarse mucho mejor en términos de ideas derivadas de Faraday que en su forma original".

Mecánica ondulatoria

Otro ejemplo lo constituye el desarrollo de la mecánica ondulatoria. Para revivir estos hallazgos, citemos las palabras del mismo de Broglie, pronunciadas durante una conferencia ante la Sociedad para el Fomento de la Industria Nacional en Francia, el 6 de noviembre de 1947, intitulada "Ciencia pura, fuente fecunda de los progresos de la industria": "Quiero ahora decir unas palabras de una cuestión que me toca más de cerca: las aplicaciones técnicas de la mecánica ondulatoria. No puedo hacer aquí un análisis sus-

cinto de la mecánica ondulatoria. Sabéis que ella es parte de la idea fundamental de considerar siempre simultáneamente la imagen de las ondas y la de los corpúsculos, a fin de obtener una teoría sintética susceptible de interpretar a la vez los aspectos corpusculares y ondulatorios que presentan las propiedades de la luz y de la materia, consideradas en la escala atómica. Para la luz, esto marchaba bastante bien, pues se obtenía una síntesis de la teoría ondulatoria de Fresnel y Maxwell, y de la nueva teoría corpuscular de la radiación que Einstein había desarrollado en 1905 (que actualmente llamamos teoría de los fotones). Pero para los granos de electricidad y de material, al comienzo nada parecía justificar la idea de asociarlos a la propagación de una onda".

Cuando, en 1927, en Estados Unidos los investigadores Davisson y Germer se asombraban debido al interés despertado en Europa por su descubrimiento sobre la difracción de los electrones por los cristales, veían también con agrado cómo en diversos países se destinaban recursos para confirmar sus resultados, que constituían, según las palabras de propio de Broglie, "la brillante confirmación de la idea que sirvió de base a la mecánica ondulatoria y de las fórmulas que se habían deducido". Hoy es seguro que esta idea es válida para toda clase de partículas (protones, neutrones, etc.).

Ingeniería civil

Para citar un caso más cercano a nuestro entorno, mencionemos el desarrollo de la ingeniería civil en México. Es muy conocido el progreso de la industria de la construcción civil en el área metropolitana de la ciudad de México. Este desarrollo obedece a la presencia de gentes que, gracias a su formación en el campo de la ingeniería y la matemática, pudieron enfrentar y resolver con éxito problemas de esta zona (sismos, hundimientos, etc.). Cabe señalar que seguramente sin la formación teórica de gentes como Nabor Carrillo y Javier Barros Sierra, no hubiera sido posible alcanzar el nivel de desarrollo en la mecánica de suelos en nuestro país.

Masa crítica intelectual

Podrían continuarse citando los ejemplos de manera numerosa, pero los casos precedentes son lo suficientemente ilustrativos sobre la necesidad de este diálogo entre experiencia y matemáticas. Sin embargo, resulta importante subrayar cómo los desarrollos científicos han implicado la presencia de espíritus pulimentados en una tradición cultural forjada en el rigor de un formalismo racionalista.

La fecundidad del siglo XIX y principios del siglo XX engloba los hallazgos que constituyen las fuentes primeras del desarrollo actual de las ciencias y la industria: Carnot en la termodinámica, Maxwell en la teoría electromagnética, Einstein en la teoría de la relatividad y la teoría cuántica, y de Broglie en la mecánica ondulatoria. Si pocos son los eventos, pocos son también los autores. ¿Y cómo son esos autores? Gastón Bachelard, en su libro *Formación del espíritu científico*, nos muestra el sinuoso y difícil camino para el desarrollo del espíritu científico. Desde un ángulo psicológico nos enseña la necesidad de plantear el problema del conocimiento en términos de obstáculos. No se trata de obstáculos externos, como la complejidad del fenómeno o la debilidad de los sentidos; es en el acto mismo de conocer dónde aparecen los entorpecimientos, confusiones, y esto debido a una especie de necesidad funcional. El conocer en contra de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos, no resulta fácil ante la oposición de una fuerte carga personal que nos llena de prejuicios adquiridos en el transcurso de una tradición educativa y cultural.

Por otra parte, la reacción instintiva de conservación termina por doblegar al instinto formativo. Como decía Bergson: "nuestro espíritu tiene la tendencia irresistible a considerar más claras las ideas que le son más útiles". Esto significa que con el uso las ideas se valorizan indebidamente, de manera que un valor en sí puede oponerse a la circulación de los demás valores.

El problema del conocimiento es también un problema psicológico, pues aun cuando el cono-

cimiento empírico se racionaliza, nunca se está seguro de que los valores sensibles primitivos no afectan los raciocinios.

Podemos recordar los viejos tiempos de los alquimistas, quienes seguramente son los que más trabajo experimental realizaron sin que les haya conducido a algún hallazgo importante. De estos casos podríamos citar innumerables ejemplos donde el obstáculo substancialista constituyó el freno total al desarrollo de la ciencia. Es posible, así, bajo esquemas irracionales, generar un gran volumen de información, resultados de experiencias realizadas fuera de un contexto ordenado, dialogando entre la teoría y la experiencia. Pero, ¿qué puede subsistir y trascender de toda esta información? ¿Cómo establecer qué es verdaderamente trascendente en un esquema donde no hay un formalismo que lo sustente?

La química pudo realmente abrirse paso y progresar cuando Lavoisier sentó las bases para la experimentación; siglos fueron necesarios para esto. Así también ocurrió en los ejemplos antes mencionados; fue siempre necesaria la llegada de un formalismo, de un dador de orden y estructura al conjunto de conocimientos para que ya organizados se constituyeran en fuentes fecundas capaces no tan sólo de interpretar, sino de establecer predicciones que, en algunos casos, se comprobaron veinte años o más después.

Es entonces importante subrayar cómo además de una dialéctica entre la experiencia y la matemática, es tal vez necesario considerar como elemento más valioso la masa crítica intelectual indispensable para el desarrollo de una actividad científica susceptible de conducir a logros y metas importantes para el avance científico.

Es así como este trinomio se constituye en la fuerza impulsora capaz de obtener las bases para el desarrollo industrial. Y es la actividad científica sustentada por programas de formación e investigaciones doctorales la que da el marco en el cual pueden ocurrir los hallazgos valiosos susceptibles de generar el desarrollo tecnológico e industrial de los países.

Es, pues, importante que un programa doctoral que debe cumplir como función sustantiva replegar las fronteras de la ciencia (y tal vez de sus aplicaciones), sea capaz de dar cabida a estos tres elementos esenciales para el avance científico, donde la ciencia no sea una pequeña aventura en las comarcas quiméricas de la teoría y en los laberintos tenebrosos de las experiencias artificiosas e inútiles. Ya no es factible que cuando un científico hable de conocimiento, lo desee inmediato, intuitivo. Se termina así por hacer de la ingenuidad una virtud, un método; se profesa que el primer despertar es ya plena luz, que el espíritu tiene una claridad originaria. Tampoco es factible que, al hablar de experiencia, se trate de la propia experiencia. Se termina en este caso por describir una visión personal del mundo como si ésta descubriera ingenuamente el sentido de todo el universo. Tenemos conciencia de que la ciencia moderna es uno de los testimonios fundamentales de la existencia del ser humano. ❀

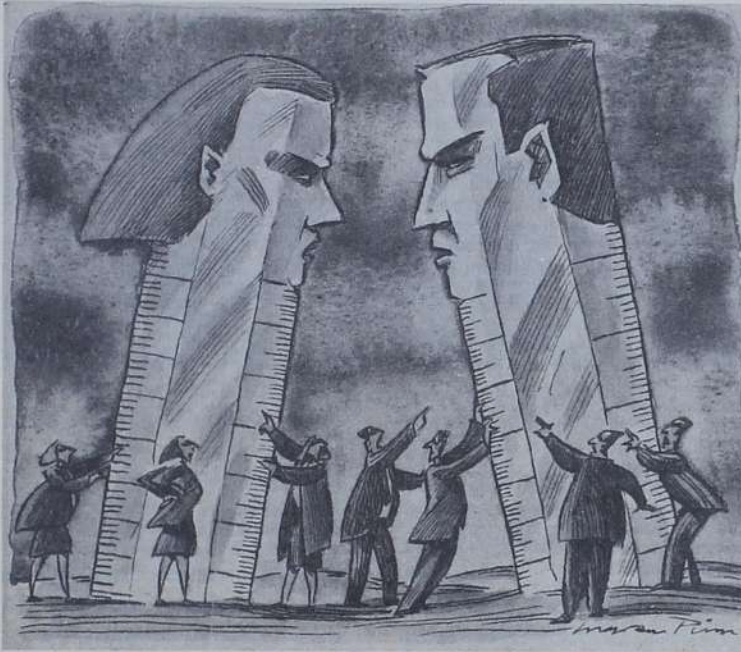
Bibliografía

- Luis de Broglie, *Sabios y descubrimientos* (Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1952).
- Gaston Bachelard, *La formación del espíritu científico* (Siglo XXI, México, 1985).
- Michael Faraday, *Investigaciones experimentales de electricidad* (Editorial Universitaria, Buenos Aires, 1971).
- Henri Le Chatelier, *Ciencia e industria*, (Espasa-Calpe, Buenos Aires-México, 1947).



Perspectivas

Algunas dificultades en la evaluación de los científicos sociales



Guillermo de la Peña

En los últimos diez años, me ha tocado en suerte —no sé si buena o mala— ser miembro de varias comisiones evaluatorias de las actividades de mis colegas investigadores en el área de las Ciencias Sociales y las Humanidades. Las siguientes páginas recogen mis reflexiones sobre cinco problemas prácticos que estas comisiones han encontrado, a saber: el peso que debe darse a los programas de posgrado terminados y en particular al grado de doctor; la apreciación de la producti-

dad de investigadores heterogéneos; la categorización de distintos tipos de publicaciones; la productividad de las investigaciones de largo plazo; y el peso de la investigación directamente vinculada a la docencia. Al hablar de cada uno de ellos, trataré de expresar mi opinión personal sobre las soluciones que pueden darse a esos cinco asuntos.

Importancia de los programas de posgrado

Como es sabido, cursar estudios posteriores a la licenciatura y obtener grados académicos es una moda relativamente nueva en nuestra área. En

El Dr. Guillermo de la Peña es investigador del Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Este texto fue presentado en la I Reunión Nacional de Diagnóstico sobre el Estado Actual y Perspectivas de las Ciencias Sociales en México, organizada por el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales, en Cocoyoc, Morelos, 3-5 de marzo de 1993.

México, todavía hace 15 años existían poquísimas instituciones que impartieran enseñanza de posgrado digna de tal nombre y las becas para el extranjero eran escasas. Más aun, todos conocemos casos de ilustres intelectuales mexicanos que se matricularon en cursos de posgrado en una o más universidades extranjeras, y que nunca obtuvieron ningún grado, por no considerarlo necesario. Don Daniel Cosío Villegas explícitamente aconsejaba ir a las universidades extranjeras a aprender, pero no a obtener títulos, pues ello —decía— era una pérdida de tiempo. Por otro lado, los alumnos de los posgrados existentes en México frecuentemente eran estudiantes de tiempo parcial, por lo que tardaban una (y hasta dos) décadas en obtener sus borlas mientras consolidaban su práctica profesional; así, la tesis de doctorado era vista como un equivalente a la *habilitación* europea; es decir, como una obra de madurez. Concomitantemente, las universidades y centros de enseñanza e investigación no exigían la maestría y menos el doctorado a sus profesores e investigadores. Cuando yo empecé a dar clases en la década de los años 70, mis colegas antropólogos, historiadores, sociólogos, economistas y politólogos de la ENAH, la Ibero, la UNAM que tenían el doctorado no llegaban ni al diez por ciento. Incluso hoy, veinte años después, raro es el centro o departamento (hablo siempre del área de las Ciencias Sociales y Humanidades) que cuente con una mayoría de doctores, pese a que los programas de posgrado y las becas ya no escasean. Fuera del área metropolitana (exceptuando ciertos centros de Guadalajara, El Colegio de Michoacán y tal vez El Colegio de la Frontera Norte), es común que los doctores representen menos del 5% de quienes ejercen actividades de investigación.

Ahora bien, hoy en día el doctorado se ha convertido en una variable importantísima en el marco de los sistemas de evaluación académica, y en un requisito para ingresar al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en la categoría de Investigador Nacional.¹ Por supuesto, se admite que un investigador pueda tener una obra equivalente al doctorado; pero esta equivalencia se define en términos cada vez más rígidos; y tal rigidez es la causa de que, por ejemplo, en 1992 la Comisión Dictaminadora del Área III del SNI rechazara a un

porcentaje altísimo de las solicitudes de nuevo ingreso. El problema reside en que se ha querido asignar un nuevo valor al grado sin que las instituciones hayan cambiado lo suficiente. Quiero aquí traer a colación un caso verdadero, de un investigador a quien bautizaré con el nombre ficticio de Bermúdez. Bermúdez tenía 37 años en 1992, salió de su ciudad a la capital del país para cursar una licenciatura en Ciencias Sociales, la cual terminó cuando tenía 26 años. Regresó a su ciudad y se convirtió en profesor de tiempo completo en la universidad local; allí impartió un sinnúmero de cursos, dirigió tesis y echó a andar, como Dios le dio a entender, algunos proyectos de investigación. En su propia universidad se matriculó en un curso de maestría que carecía de profesorado de tiempo completo, asesores y acceso a infraestructura bibliotecaria; sin embargo, logró terminar la tesis y la publicó como un pequeño libro. Había publicado también una docena de artículos en revistas universitarias provincianas, algunos de ellos basados en investigación original y de calidad aceptable. Con ese bagaje, presentó solicitud de ingreso al SNI, y fue rechazado por tener más de 35 años; además el reglamento vigente le impedía acceder en calidad de candidato. En la carta que le enviaron con la ingrata noticia se le recomendaba que obtuviera el doctorado y publicara en revistas internacionales lo cual él probablemente ve como lejano y difícil. No se puede afirmar que este caso sea típico, pero tampoco es excepcional. Quiero decir que hay muchos investigadores como Bermúdez que han quedado fuera del SNI, a pesar de haber realizado un gran esfuerzo para producir trabajos cuya calidad no es necesariamente inferior a la de los productos de otros que tuvieron mejores estímulos y más oportunidades para cursar y terminar el doctorado.²

Por otro lado, aunque no conozco el porcentaje exacto, una gran cantidad de casos que han sido rechazados del SNI por carecer de doctorado corresponden a mujeres casadas. Sabemos que, a pesar de las reivindicaciones feministas, en nuestro país —como en otros muchos—, la carrera académica de una mujer casada de clase media suele sufrir un retraso de diez años por la maternidad, el trajín de la crianza, los pediatras, las fiestas infantiles, y las demandas de la suegra y la



familia extensa. Si se divorcia, la cosa es peor aún, pues normalmente su situación económica se deteriora y encima debe cargar con los chil-payates. Es común, por tanto, que a una mujer casada le falte tiempo para terminar el doctorado antes de los 40 años, incluso si se trata de una persona empeñosa y brillante. Todos conocemos casos pertinentes, y no es necesario detallarlos.

No es posible cambiar de golpe y porrazo la cultura doméstica de nuestro país, ni tampoco las condiciones adversas de muchas universidades de provincia; pero creo que sí es posible y deseable pensar en una política de *acción afirmativa* en los procesos de evaluación que favorecieran de alguna manera a los académicos provincianos y a las mujeres, sobre todo en lo que se refiere al requisito del doctorado.

Productividad de investigadores heterogéneos

Al SNI, también en otras instancias evaluatorias, se presentan solicitantes por lo menos de tres tipos, y a todos debe medírseles con el mismo cartabón. El primer tipo es el que tiene un nombramiento que implica dedicación exclusiva a las

labores de investigación. El segundo, el que tiene un nombramiento de profesor-investigador pero cuenta con el apoyo de su institución para reducir sus tareas docentes a una o dos clases semanales. El tercer tipo también tiene nombramiento de profesor-investigador, o incluso de investigador a secas; pero en la práctica su institución lo obliga formal o informalmente a dedicar muchas horas a la docencia, a supervisar muchas tesis (en su mayoría de la licenciatura), y hasta asumir responsabilidades administrativas sin tener nombramiento de administrador. Huelga decir que esto ocurre sobre todo en universidades de provincia y en instituciones pequeñas, donde no hay suficiente personal, y donde todo el mundo que realmente trabaja vive permanentemente desbordado. Con todo, muchos colegas se las arreglan para seguir produciendo en esas condiciones complicadas, y el problema es cómo tomarlos en cuenta cuando se evalúa la productividad.

A mi juicio, no es solución simplemente recomendarle a un sujeto que se limite a impartir uno o dos cursos y que corte con todas las demás responsabilidades que no sean estrictamente de investigación, pues esto a veces es literalmente imposible. A falta de reformas institucionales serias, lo que no me parecería descabellado es conceder en la evaluación ciertas ventajas a quienes

pertenezcan a instituciones cuya precariedad inhiba en términos reales la dedicación exclusiva, máxime cuando estas instituciones sean también las menos dotadas en infraestructura de investigación.

¿Cuáles publicaciones son las que cuentan?

Un producto bastante frecuente en la investigación social y humanística es el libro, cuya longitud puede oscilar entre las cien y las cuatrocientas páginas. Enfrentando a un libro, el evaluador se fija en el prestigio de la editorial, en la longitud y actualidad de la bibliografía, en la consistencia del capitulado... pero en última instancia la única forma de evaluarlo con justicia es mediante la apreciación de su contenido, lo cual significa leerlo (en alguna forma). Esto se dice fácil, pero vuelve la tarea del evaluador sumamente lenta. Tampoco ayuda mucho recomendar al evaluador que tome en cuenta las reseñas y las citas que se han hecho a un libro, pues en México se escriben muy pocas reseñas serias y se carece de un índice nacional de citas; por otro lado, es poco frecuente que un libro publicado en español llegue al *Social Science Citation Index* de los Estados Unidos.

Asimismo, no es tarea fácil la evaluación de un libro colectivo que se presenta como *compilación*. Algunas de estas compilaciones son simplemente un enchorizado de artículos que alguien junta y usa como pretexto para poner su nombre en la portada del libro. Pero otras veces el compilador es responsable, por ejemplo, de organizar una investigación colectiva o bien una reunión sobre un tema que él ha planteado, de revisar los artículos y pedir modificaciones a los autores, de revisar y enriquecer las bibliografías, y de escribir una introducción concienzuda que realmente contribuya al conocimiento de esta temática. Para conocer la diferencia entre una y otra compilación es necesario sentarse a trabajar un buen rato.

Pero ni siquiera los artículos en revistas —que en otras áreas constituyen un producto corriente y de fácil evaluación— se dejan apreciar con facili-

dad en nuestra disciplina. Por ejemplo, la diferencia entre las revistas con y sin arbitraje no es materia de rápido discernimiento. Si uno se fija, un buen número de las revistas que se presentan como *arbitradas* son publicadas por la misma institución empleadora de los autores de los artículos, y tienen un comité editorial formado por los colegas de esos autores, si no es que por los autores mismos. Lo cual no es demasiado extraño, pues en México la inmensa mayoría de las revistas que publican resultados de investigación social y humanística son revistas institucionales. Claro está que algunas de éstas —las de más prestigio— sí tienen *referees* externos e independientes, que cumplen de manera efectiva con sus funciones de arbitraje. Pero son muy pocas y suelen estar saturadas. Algunas de ellas pueden tardar hasta un año sólo en contestar a los autores que su artículo ya ha sido recibido y que ha entrado en proceso de arbitraje. Por ello, muchos investigadores prefieren acudir a una revista menos prestigiada pero más expedita. Por supuesto, puede recurrirse a revistas norteamericanas o europeas, muchas de las cuales son muy eficientes; el problema es que eso suele implicar que el investigador produzca sus artículos en un idioma extranjero. En nuestras disciplinas, un artículo, por más estadísticas que incluya, debe estar bien escrito, pues nosotros nos comunicamos —en buena medida— en lenguaje natural y no simplemente mediante fórmulas y términos artificiales; por tanto, quien envía un trabajo al extranjero debe gastar en un traductor o en un corrector de estilo, a menos que tenga un muy alto dominio del idioma en cuestión. Creo que es recomendable —y hasta necesario para la madurez de nuestras disciplinas— que tratemos de publicar en revistas de otros países, pero es difícil pensar que ésta va a ser una alternativa frecuente.

De todo esto se deduce que una buena parte, quizá la mayoría, de los artículos que se presentan a los evaluadores de Ciencias Sociales y Humanidades *no tienen arbitraje efectivo*, y eso no los hace necesariamente malos. Más aún: algunos artículos muy importantes han sido publicados en revistas de divulgación, o incluso en suplementos de periódicos; y hay quienes prefieren estos medios a las revistas especializadas para alcanzar un público mayor.



No quiero decir que sea imposible evaluar las publicaciones de las Ciencias Sociales. Aunque lenta y laboriosa, la evaluación es posible; pero ningún tipo de publicación puede *a priori* considerarse mejor que otras.⁴ Tampoco quiero decir que una situación de dispersión y extrema heterogeneidad sea deseable —de hecho, dificulta sobremanera el trabajo y la discusión—; pero para remediarla es necesario que la comunidad académica en conjunto se proponga reforzar y ampliar las posibilidades de publicación arbitrada, de preferencia transinstitucional o multinstitucional.

Dilemas de la investigación de largo plazo

El imperativo *publish or perish* no sólo conduce a los investigadores a tratar de producir más, sino también a producir más de prisa. Hace poco, en el discurso pronunciado al recibir el Premio de la Academia de la Investigación Científica, Mario Humberto Ruz⁴ insistía en que había que buscar "la calidad y no la cantidad; la excelencia y no la abundancia". Pero en la práctica el investigador que presenta a un comité de evaluación sólo un par de artículos, por buenos e innovadores que

sean, se siente incómodo, porque presente —con bastante razón— que se le acusará de estreñimiento. Del mismo modo, embarcarse en una pesquisa que sólo arrojará resultados sustanciales al cabo de varios años es percibido como peligroso, a pesar de que son ese tipo de proyectos lo que realmente hacen avanzar la ciencia. Así, hace poco comentaba Marcelino Cereijido,⁵ miembro de la Comisión Dictaminadora del Área II en el SNI, que seguramente ese cuerpo colegiado hubiera expulsado a Einstein por su excesiva lentitud. Como lo ha dicho también Esteban Krotz,⁶ la prisa por publicar conduce a la minimización de las exigencias: pocos querrán emprender un trabajo de campo largo, discutir exhaustivamente un borrador o explorar toda la bibliografía pertinente si ello hace peligrar la beca o la promoción.

La situación es todavía más compleja, pues los ciclos de gestación de un trabajo varían entre distintas disciplinas, e incluso dentro de cada una de ellas. Ciertas investigaciones se insertan en un cuerpo de trabajo empírico, acumulativo y abordan aspectos muy específicos, generalmente medibles; dan origen a trabajos puntuales, que deben ser publicados a la brevedad so pena de obsolescencia. Otras investigaciones, aunque sean empíricas, implican replanteamientos conceptuales, construcciones inductivas y en general reflexiones que pretenden trascender la inmediatez del dato.

En fin: Nadie trata de defender las pesquisas interminables que, a la postre, resultan banales ni las disquisiciones supuestamente teóricas que repiten lo obvio. Pero es necesario incluir en las evaluaciones una consideración explícita del proyecto en que un investigador está embarcado para tomar en cuenta los ciclos de gestación de los productos específicos de ese proyecto, que puedan ser de uno o varios tipos.

Investigación y docencia: ¿dos campos que se excluyen?

Para preparar un curso cualquiera, un docente que se respete debe realizar investigación de un cierto tipo: por ejemplo, debe actualizar la bibliografía y revisar guías de cursos análogos imparti-



dos en otras universidades (y en otros países). Esto no es valuado como actividad de investigación científica, y normalmente está bien que no lo sea. Sin embargo, en ciertos casos —hay que admitir que no muy frecuentes—, el diseño de un curso o, más aún, de un conjunto de cursos puede entenderse como una aportación al conocimiento. Pienso en dos ejemplos obvios. El primero es la experimentación de la enseñanza de una materia mediante la comparación entre grupos a los que se aplican diferentes métodos. El segundo es la elaboración de antologías para seminarios de posgrado que incluyen una buena introducción sobre el "estado del arte". Algunas de las discusiones más acaloradas que he escuchado en la comisiones se refieren a esta clase de materiales.

Desgraciadamente, el dilema no tiene fácil salida. Si se hacen demasiado beligerantes los esfuerzos de innovación didáctica, las comisiones se llenarán de documentos que pretenden descubrir la pólvora. Por otro lado, si se ignoran completamente tales esfuerzos, los investigadores se sentirán menos estimulados a intervenir creativamente en los procesos de enseñanza- aprendizaje.

Conclusiones y propuestas

Se ha señalado con frecuencia —por ejemplo, en esta misma reunión— que la evaluación se ha con-

vertido en una herramienta importante de transformación de las instituciones y de la comunidad científica. Sin duda, este proceso es a la vez deseable e irreversible. Sin embargo, sería absurdo querer convertir —como a veces parece— la herramienta de la evaluación en el *factor principal* del cambio, y todavía más absurdo el pensarla como *factor único*. El hecho es que los investigadores concurren a los espacios evaluatorios desde circunstancias y trayectorias desiguales. Si no realizamos enormes esfuerzos para eliminar al menos la desigualdad de oportunidades institucionales, la evaluación, tal como se está definiendo ahora, podría incluso llegar a ahondarla.

Sobre esta base, voy a plantear una serie de propuestas, creo que todas ellas de sentido común, con referencia a los problemas enumerados.

Primera. Abrir un debate en la comunidad científica sobre la conveniencia de establecer políticas de acción afirmativa en los procesos de evaluación, a favor de los investigadores de provincia y de las mujeres. Por acción afirmativa entiendo la creación de estímulos explícitos para quienes padecen mayores desventajas contextuales y *a causa de ellas* (y no por falta de méritos intelectuales o morales) no cumplen formalmente con los requisitos (vgr. del SNI).

Segunda. Reforzar y ampliar los programas de posgrado en Ciencias Sociales, sobre todo en provincia. Esto debiera ser resultado de un esfuerzo multiinstitucional, para no caer o recaer en programas improvisados e inútiles. COMECSO tuvo un papel destacado en impulsar posgrados en provincia, que tendría que volver a asumir. Hubo hace unos años la política de creación de Colegios en los estados —el de Michoacán, el de Sonora, etc.—, una de cuyas funciones más importantes ha sido formar cuadros académicos para las distintas regiones del país. Por desgracia, la mitad de los Colegios creados no lograron sobrevivir —por razones variadas, pero algunos directamente por falta de apoyo financiero—, y la política se ha discontinuado.

Tercera. Reforzar la formación de docentes en Ciencias Sociales que no tengan estudio de posgrado, para que se encuentren en mejores

condiciones de ingresar, si así lo desean, a programas de maestría y doctorado. De nuevo, COMECOSO tuvo a este respecto un importante programa de formación, que incluía la publicación y divulgación de antologías, así como la organización de seminarios, que debe retomarse.

Cuarta. Creo que nos encontramos ante la necesidad urgente de replantear la naturaleza de nuestras publicaciones periódicas. No parece ya sostenible el modelo de revista institucional que tiene un arbitraje discutible, que sufre retrasos crónicos y que está destinada a la bodega. Tampoco parecen recomendables las revistas estrictamente gremiales y unidisciplinarias, pues ningún gremio —quizá con la excepción de los historiadores— cuenta con la organización para sostener una revista de esta índole. Lo que probablemente nos hace falta son revistas multiinstitucionales y multidisciplinarias, con arbitraje efectivo y del más alto nivel, que lleguen a los índices internacionales de citas, y que se conviertan en vehículos relevantes de debate y crítica científica para nuestra comunidad académica. Aunque no debemos fetichizar el arbitraje, éste constituye, junto con la reseña crítica, un elemento clave en el contexto donde la evaluación debería situarse para ser realmente significativa.

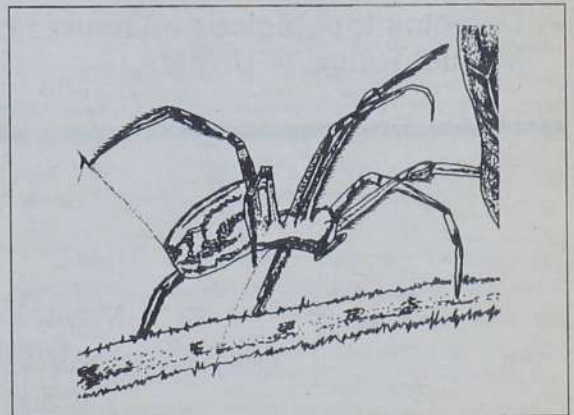
Quinta. Mi última propuesta es que no se busque evaluar los productos de investigación fuera del contexto de los proyectos que les dan significado. Esto permitiría que el trabajo de largo y mediano plazos pueda colocarse en su correcto nivel de exigencia.

Colofón

Quiero terminar reiterando que la evaluación es necesaria y saludable; pero va a resultar muy limitada si ocurre en un vacío crítico y si la concebimos como un mecanismo aislado y privilegiado, en vez de entenderla como una de varias estrategias de desarrollo institucional y promoción individual. El gran desafío que tenemos en cuanto comunidad científica es definir y defender tales estrategias. ❁

Notas

1. Según el reglamento del SNI en vigor en 1992, la categoría de Investigador Nacional de nivel I se concede a quienes tienen el doctorado y publicaciones de calidad; el nivel II se alcanza al mostrar que, además, las publicaciones tienen influencia en el ámbito nacional, y que el investigador es capaz de formar a otros investigadores; el Nivel III implica una trayectoria consistente de producción de alta calidad y amplio prestigio, incluso en el ámbito internacional, así como la formación de grupos de investigadores. La categoría de Candidato a Investigador requiere tener menos de 35 años, mostrar un compromiso fehaciente con la investigación, y la posesión al menos del grado de maestría. El nuevo reglamento que entró en vigor en 1993 extendió la edad de los candidatos hasta los 40 años, pero les añadió la exigencia de estar matriculados en un programa de doctorado si aún no tienen el grado.
2. La cuestión se complicaría todavía más si se considerara que los doctorados de distintas instituciones nacionales y extranjeras son de calidad muy desigual.
3. Es laudable la práctica del SNI de pedir a los solicitantes que ellos mismos definan cuáles son sus trabajos más importantes, independientemente de la forma en que estén publicados.
4. M. H. Ruz Sosa, "Imprescindible la ciencia para arraigar la vocación de nuestro pueblo", *Boletín de la Academia de la Investigación Científica*, 9 (mayo-agosto de 1992), 31.
5. M. Cerejido, "El Sistema Nacional de Investigadores (SNI): Reflexiones de un evaluador del área biomédica", *Avance y Perspectiva* 11 (1992), 247 y reproducido en E. Krotz, (comp.), *La problemática de la evaluación académica*, (Ed. de la Univ. Autónoma de Yucatán, Mérida, 1992) pp. 23.
6. E. Krotz, "Pequeñas y grandes consecuencias de la 'evaluación académica' para la generación de conocimientos científicos", en E. Krotz (comp.), *op. cit.*, p. 99.



IV TALLER DE PARTICULAS Y CAMPOS

Mérida, Yuc., 25 al 29 de Octubre de 1993
CINVESTAV-IPN
Unidad Mérida

DIVISION DE PARTICULAS Y CAMPOS

Sociedad Mexicana de Física

CURSOS INVITADOS

Fenomenología de partículas

- **Técnicas experimentales en física de partículas**

Gerardo Herrera, CINVESTAV-IPN

Carlos Hojvat, Fermilab

Marleigh Sheaff, Univ. Wisconsin/Fermilab

- **Lagrangianos efectivos**

José Wudka, Univ. California, Riverside

- **QCD perturbativa**

Francisco J. Yndurain, Univ. Autónoma de Madrid

Teoría de campos

- **Gravedad canónica**

Ricardo Capovilla, CINVESTAV-IPN

- **Representaciones de lazos en teorías de norma y gravedad cuántica**

Rodolfo Gambini, Univ. de la República, Uruguay

- **Defectos topológicos en teorías cuánticas de campos**

Manuel Torres, IF-UNAM

Mayor información:

Rodrigo Huerta,

Unidad Mérida-CINVESTAV, Tel: (99) 26 05 45, 26 03 99

Fax: (99) 27 81 44

Luis Urrutia,

ICN-UNAM, Tel: 622 46 72 (73), FAX: 548 45 69

Miguel Angel Pérez Angón,

CINVESTAV, Tel/Fax: 754 64 76



noticias del centro

Graduados entre enero y abril de 1993

Maestros en Ciencias

José Vázquez Prado. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 12 de marzo. Caracterización del péptido de 37 kDa como un receptor específico para fibronectina en *Entamoeba histolytica*. Asesora: Dra. Isaura Meza Gómez Palacio. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

Arturo Rodríguez Vidal. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 12 de febrero. Obtención de niacina y cafeína grado farmacia a partir de los concentrados del proceso de descafeinado de grano verde. Asesores: M. en C. Alfredo Larios Saldaña y M. en C. Carlos Cruz Mondragón.

Juan José Padilla Ybarra. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 4 de febrero. Estimuladores eléctricos para cardiomioplastia: diseño, desarrollo, construcción y aplicación en campo. Asesor: M. en C. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez. Se incorporó a la planta de profesores del Instituto Tecnológico de Sonora.

Salvador Alcántara Iniesta. 16 de abril. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. Sensor de presión semiconductor. Asesor: M. en C. Joaquín Remolina López. Se incorporó a la planta de investigadores del IC-UAP.

Raúl Peña Rivero. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 2 de abril. Diseño y construcción de un sistema de medición de la presión, basado en dos manómetros con lectura absoluta y diferencial, para aplicarse en un laboratorio industrial de análisis de flujo en líquidos semisólidos. Asesor: Dr. Lorenzo Leija Salas.



Heinz Gerhard Hemken Paniagua. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 20 de abril. El uso de rastreo computarizado de la estructura molecular para generar descriptores estructurales para el ACUARESA. Asesor: Dr. Pedro Alberto Lehman Feitler.

Sergio Armando Tomas Velázquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 19 de febrero. Señales de bosones de norma extras en el modelo SU(6)LU(1)Y. Asesores: Dr. Arnulfo Zepeda Domínguez y Dr. Albino Hernández Galeana. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

José Martín Yáñez Limón. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 29 de marzo. Influencia de monocapas de Au en la densidad de estados de las superficies (001) y (111) del platino. Asesor: Dr. Rafael Baquero Parra. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

Dodanim Talavera Adame. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 29 de marzo. Papel del calcio y de los contactos celulares en la restauración de la conductancia al potasio y de la superficie de membrana en células epiteliales cultivadas. Asesor: Dr. Marcelino Cerejido Mattioli.

Hugo Jorge Muro Lemus. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 23 de abril. Medidor de nivel sin contacto usando ultrasonido. Asesor: Ing. Jorge Suárez Díaz.

José Luis Ponce Dávalos. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 30 de abril. Manejador de paquetes X.25 para un conmutador RDSI. Asesor: M. en C. Carlos Edgardo Hirsch Ganievich.

Eugenio Díaz Barriga Arceo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 4 de febrero. la transformada rápida de Fourier: Un estudio de la matemática en un contexto que recupera significados. Asesora: M. en C. Rosa María Farfán Márquez. Es auxiliar de investigación en la Sección de Matemática Educativa del Cinvestav.

Francisco Javier Ponce Hernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 21 de enero. Estudio del efecto producido en el aprendizaje del cálculo por la adopción del sistema de ayuda para la evaluación del aprendizaje (SAEA) en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, campus Tampico. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa.

José Luis Rojas Rodríguez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 28 de enero. El uso de la microcomputadora en el curso de Teoría del Control. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa.

Miguel Angel Moreno Núñez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 15 de marzo. Evaluación, revisión y sugerencias a los contenidos de los cursos de Probabilidad y Estadística de la carrera de Ingeniero Civil en la Universidad de Sonora. Asesores: Dr. Eugenio Filloy Yagüe y M. en C. Ramiro Avila Godoy.

Héctor Santiago Chávez Rivera. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 19 de marzo. El uso de la microcomputadora en el aprendizaje del Cálculo Diferencial: un medio entre la imagen conceptual y la definición conceptual. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa. Es auxiliar de investigación en la Sección de Matemática Educativa del Cinvestav.

Lorenzo Benítez Morales. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 26 de marzo. Significación de los objetos matemáticos centrado en las ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Se reintegró a la planta de profesores de la UAM-A.

Rodrigo Cambray Núñez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 31 de marzo. Procesos inherentes en la construcción del concepto de derivada: una exploración didáctica con un grupo de profesores de cálculo en servicio docente. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Es técnico académico en la FC-UNAM.

Jesús Reynaldo Girón Arreola. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 27 de abril. La computadora como auxiliar en el proceso enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Asesor: M. en C. Carlos Armando Cuevas Vallejo.

Miguel Solís Esquinca. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 29 de abril. Estudio de la noción de variación en contextos físicos: el fenómeno de la propagación del calor. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza.

Francisco Vera Soria. Maestro en Cien-

cias en la especialidad de Matemática Educativa. 30 de abril. Construcción de conceptos matemáticos para la bioestadística. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa.

José Rubén Pérez Hernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 10 de marzo. Se reincorporó a la planta de profesores de la UPIB-IPN.

Jorge García Villeda. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 17 de marzo. Se incorporó a la planta de profesores de la FC-UNAM.

Raymundo Rafael García Ruíz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 31 de marzo.

Verónica Salazar Pereda. Maestra en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 12 de marzo. Síntesis y estudio estructural por resonancia magnética multinuclear de heteropolímeros derivados del inositol. Asesora: Dra. Rosalinda Contreras Theurel.

Odilia Pérez Camacho. Maestra en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 2 de abril. Síntesis y reactividad de compuestos de rutenio con ligandos 5-pentadienilo y fosfinas. Asesora: Dra. María de los Angeles Paz Sandoval. Se incorporó a la planta de investigadores del Centro de Investigación de Química Aplicada, Saltillo, Coah.

Anita Inés De Alava Granese. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 6 de enero. Interdependencias ecológicas entre dos bivalvos simpátricos en una playa arenosa de la costa atlántica uruguaya. Asesores: Dr. Francisco Arreguín Sánchez y Dr. Luis René Antonio Capurro Filograsso.

Francisco Javier Martínez Cordero. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 15 de enero. Análisis bioeconómico de un sistema de producción de postlarvas de camarón *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). Asesor: Dr. Juan Carlos Seijo Gutiérrez. Se incorporó a la Delegación Federal de Pesca en Mérida, Yuc.

Patricia Cabrera Rodríguez. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 1 de marzo. Crecimiento y sobrevivencia del ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin 1791), en San Felipe Río Lagartos, Yucatán, México. Asesora: Dra. Luz María Dalila Aldana Aranda. Se reincorporó a la planta de profesores de la Universidad Ciudad del Carmen, Campeche.

Joaquín Vargas Vázquez. Maestro en Ciencias. 12 de marzo. Sucesión parasitaria en *Cichlasoma urophthalmus* (Gunter, 1862) en un sistema de jaulas flotantes en Mitza, Progreso, Yucatán. Asesores: M. en C. Guillermo Salgado Maldonado y M. en C. Miguel Ángel Olvera Novoa. Se integró a la planta de profesores de la UAY.

María Cristina del Rincón Castro. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de plantas. 19 de marzo. Caracterización de cepas nativas de baculovirus patógenas al flaco medidor de la col *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). Asesor: Dr. Jorge Eugenio Ibarra Rendón. Continúa su doctorado en el Cinvestav, Unidad Irapuato.

Joel Edmundo López Meza. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de plantas. 29 de marzo. Selección y caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* tóxicas a la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Asesor: Dr. Jorge Eugenio Ibarra Rendón. Continúa su doctorado en el Cinvestav, Unidad Irapuato.

Doctores en Ciencias

Ricardo Gaitán Lozano. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 22 de enero. Señales de leptones exóticos en el modelo SU(6)LU(1)Y. Asesor: Dr. Amulfo Zepeda Domínguez. Se reincorporó a la planta de profesores de la Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.

Gabriel Sánchez Colón. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 24 de abril. Hadrones mezclados. Asesor: Dr. Rodrigo Huerta Quintanilla. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el Cinvestav.

Miguel Angel Meléndez Lira. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 23 de abril. Caracterización óptica de heteroestructuras semiconductoras mediante espectroscopías Raman y de fotoreflectancia. Asesor: Dr. Isaac Hernández Calderón. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el Cinvestav.

Esperanza García Martínez. Doctora en Ciencias en la especialidad de Fisiología y Biofísica. 21 de enero. Características de la transmisión unidireccional en una sinapsis eléctrica. Asesor: Dr. Fidel Ramón Romero. Se integró a la planta de investigadores del Centro de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Colima.

Gonzalo Flores Alvarez. Doctor en Ciencias en la especialidad de Neurociencias. 24 de marzo. Papel funcional de la invasión dopaminérgica en el núcleo subtalámico de la rata. Asesores: Dr. Jorge Aceves Ruiz y Dr. Daniel Martínez Fong.

Mordejai Zvi Retchkiman Konigsberg. Doctor en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 23 de abril. Seguimiento asintótico de sistemas no lineales. Asesores: Dr. Jaime Alvarez Gallegos y Dr. Rafael Castro Linares.

Armando Ariza Castolo. 18 de febrero. Doctor en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. Estudio de la configuración y la conformación por resonancia magnética nuclear de derivados cíclicos y acíclicos de la etilendiamina. Asesora: Dra. Rosalinda Contreras Theurel.

Gabriel Eduardo Cuevas González Bravo. Doctor en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 4 de marzo. Estudio de los efectos estereoelectrónicos responsables del comportamiento conformacional de 1,3-ditianos-2 sustituidos y heterociclos análogos. Asesor: Dr. Eusebio Juaristi y Cosío.

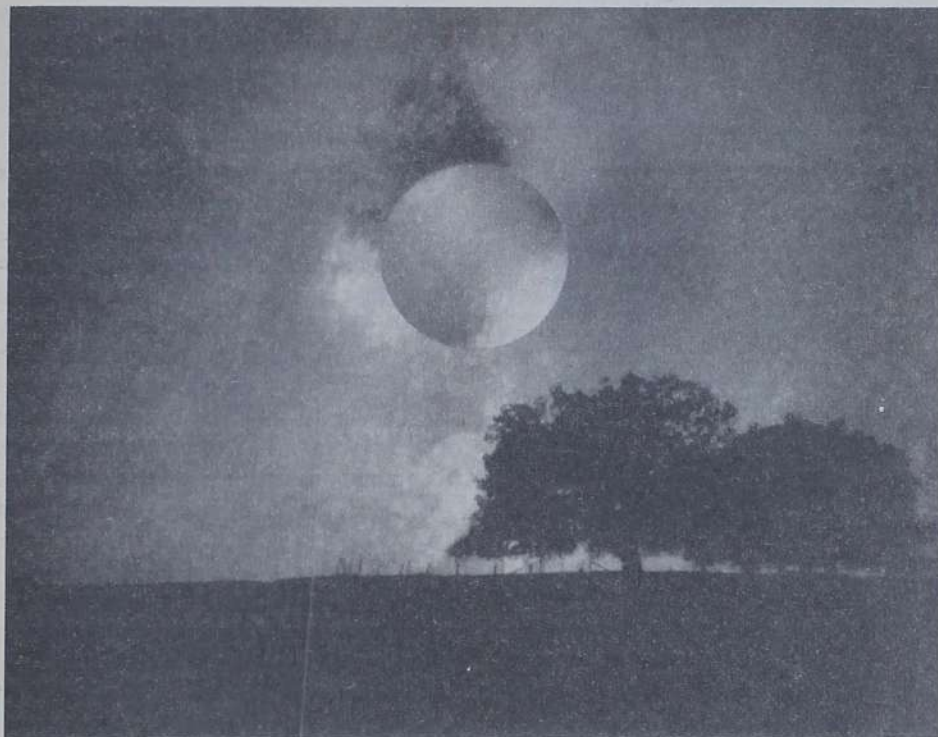
José Antonio Serratos Hernández. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de Plantas. 26 de febrero. Análisis genético de algunas características bioquímicas y

estructurales del grano de maíz (*Zea mays*) y su relación con la resistencia a la infestación de *Sitophilus zeamais* (Motsch.). Asesor: Dr. Alejandro Blanco Labra. Se integró a la planta de investigadores del Campo Experimental del Bajío de INIFA.

Omar Domingo Defeo Gorospe. Doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas. 15 de enero. The effect of spatial scales in population dynamics and modelling of sedentary fisheries: The yellow clam *Mesodesma mactroides* of an uruguayan exposed sandy beach. Asesores: Dr. Juan Carlos Seijo Gutiérrez y Dr. John Frederick Caddy. Se incorporó a la planta de investigadores del Instituto Nacional de la Pesca, Montevideo, Uruguay.



Avances de Ciencia y Tecnología
XII Seminario sobre amibiasis



Esther Orozco

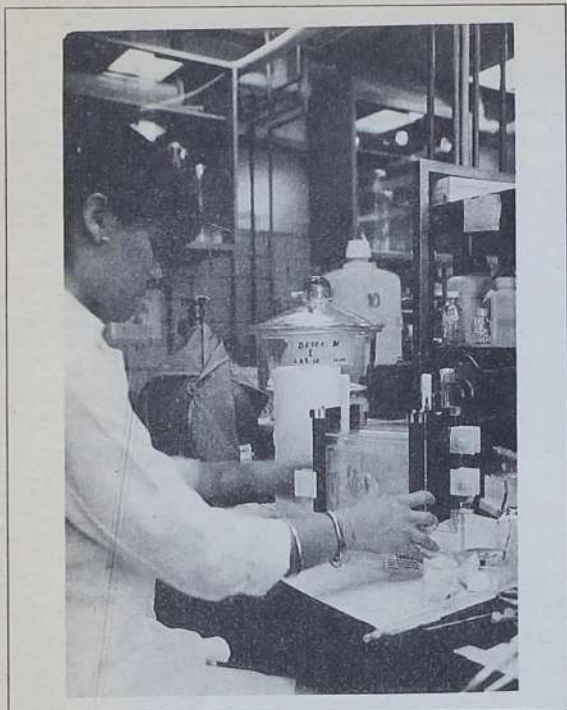
Entamoeba histolytica

Las parasitosis, al igual que otras enfermedades infecciosas, constituyen un verdadero azote de los países pobres. La amibiasis, en particular, producida por el protozooario *Entamoeba histolytica*, ha sido por muchos años un problema de salud pública, tan serio y con tan graves implicaciones

La Dra. Esther Orozco, profesora titular del Departamento de Patología Experimental y secretaria de planeación del Cinvestav, obtuvo su doctorado en ciencias (Biología Celular) en el mismo Cinvestav. Su campo de investigación es el estudio de las bases moleculares de *Entamoeba histolytica*.

en la salud de los mexicanos que hace más de 20 años un grupo de médicos, encabezados por el Dr. Bernardo Sepúlveda, decidió establecer en México un Centro de Estudios sobre Amibiasis. A partir de entonces el número de científicos mexicanos estudiosos de la amiba creció cuantitativa y cualitativamente. La amiba también ganó, pues se convirtió por mucho tiempo en el único parásito en el mundo en honor del cual se organizaba un simposio internacional cada dos años. Los grupos de investigación mexicanos dedicados al estudio de la amiba, y los del Cinvestav en particular, se cuentan entre los mejores.

Del 12 al 15 de noviembre del año pasado se llevó a cabo en la Academia de Medicina de la



Ciudad de México el XII Seminario sobre Amibiasis. En este evento se reunieron más de 80 investigadores nacionales e internacionales, y un buen número de estudiantes y profesionales que trabajan en el campo de la salud. Uno de los rasgos distintivos del seminario fue su excelente organización, que hizo que los asistentes mexicanos nos sintiéramos orgullosos de la precisión y elegancia con que se llevaron a cabo tanto las actividades académico-científicas como las sociales.

Avanzada tecnología

En la parte científica hubo algunos aspectos que merecen reflexión. El primero de ellos fue el uso de la avanzada tecnología de biología molecular en el estudio del parásito. El énfasis de muchas de las ponencias fue en la clonación y secuencia de genes de la amiba. Esto representa un cambio en el enfoque celular, inmunológico y clínico que había predominado en los seminarios anteriores. A nadie le queda duda de que conocer los aspectos moleculares que gobiernan los mecanismos de la agresividad de la amiba, permitirá el diseño de

mejores métodos de diagnóstico y abrirá las posibilidades para la elaboración de una vacuna eficiente. Por otra parte, es fundamental enfatizar la necesidad de que los grupos de investigación mexicanos, principalmente los más jóvenes y en especial nuestros estudiantes, puedan tener acceso rápido y eficiente a las técnicas de frontera para el estudio de estos fenómenos.

Sin embargo, sería preocupante que abandonáramos, aunque fuera sólo parcialmente, el estudio de los mecanismos moleculares, celulares e inmunológicos del parásito, para dedicarnos a la experimentación biológica sin planteamos una pregunta pertinente, que nos dirija hacia el descubrimiento de hechos trascendentes y estimule nuestra creatividad y, lo que es más importante, la de nuestros estudiantes. La simple clonación y secuencia de genes de la amiba, que han sido ya descubiertos en decenas de organismos, probablemente generará publicaciones rápidas, cuyo número no necesariamente presentará una relación directa con el avance del conocimiento sobre la biología de este protozooario. Por otra parte, la formación de maestros y doctores que solamente saben clonar y secuenciar genes, por mencionar dos metodologías, corre el riesgo de producir en el mediano plazo más técnicos que científicos, sin preparación suficiente para el establecimiento de grupos de investigación sólidos que tanto requiere el país. La planeación de nuestra investigación debe llevarnos hacia el desarrollo de proyectos con un impacto más amplio que el que pueda obtenerse de la sola publicación de artículos; aunque esto es importante, si se presenta como hecho aislado, es insuficiente.

Publicaciones

La generación de publicaciones es necesaria por varias razones, entre las que se encuentran las relacionadas con nuestro nivel de vida. Es, además la forma más simple y objetiva de demostrar que estamos trabajando y cumpliendo con un compromiso, que en el mejor de los casos refrendamos cada cuatro años. Pero la importancia de publicar los resultados que obtenemos en el laboratorio radica en la aportación que hacemos al

conocimiento en un campo dado. En la biología, como en otras áreas de la ciencia, sólo cuando la comunidad científica conoce, acepta y asimila nuestras hipótesis y conclusiones, el trabajo queda validado. Sin embargo, al realizar y publicar buena ciencia, sólo cumplimos una parte del compromiso. La otra parte, la fundamental, consiste en formar investigadores de alto nivel. El requisito indispensable para cumplir cabalmente esta primerísima tarea es que la investigación que hacemos sea también de alto nivel. Si nuestros jóvenes estudiantes no han aprendido a plantearse una pregunta importante, a diseñar la hipótesis y la estrategia para responderla, a realizar los experimentos que los conduzcan a la obtención de resultados y a interpretar y organizar sus resultados en una publicación de calidad internacional, no están listos todavía para convertirse en investigadores. Si, como profesores de esta institución realizamos solamente una parte de nuestra tarea, es decir, sólo publicamos artículos, o los doctores que graduamos no poseen los elementos necesarios para unirse exitosamente a la comunidad científica internacional y continuar la tarea de hacer ciencia de excelencia en México, estamos fallando. Para establecer una sólida tradición científica en el país requerimos combinar ambas cosas al más alto nivel de competitividad. La tecnología de frontera, que tanto nos cuesta asimilar y que generamos en forma tan limitada, debe ser utilizada para resolver problemas de mayor trascendencia que la permanencia en ciertos niveles de los sistemas de evaluación; esto último es la consecuencia de la calidad del trabajo.

El reto es desarrollar la habilidad para trabajar en forma combinada en proyectos a corto, mediano y largo plazos, que contemplen tanto la investigación original y de alta calidad que marque presencia internacional, como la formación de investigadores que puedan colocarse en pocos años en la línea de fuego en su área de investigación. El Cinvestav se ha distinguido porque un buen número de sus profesores cumplen con gran entrega ambas tareas. Ellos han dado al Centro su reputación de excelencia. Es claro que cuando el 100% de los investigadores del Cinvestav se incorpore a este grupo y dedique el 100% de su tiempo y toda su inteligencia, amor y energía a hacer ciencia y a formar investigadores, podre-

mos garantizar plenamente que la tradición de excelencia científica del Cinvestav está siendo reafirmada todos los días.

¿Una o dos especies amibianas?

Por último, quisiera regresar al XII Seminario sobre Amibiasis para mencionar otro aspecto relevante: el debate sobre la existencia de una o dos especies amibianas. Hay evidencias experimentales que apoyan las dos hipótesis de la discusión científica que se inició desde 1925 y se reabrió nuevamente hace ya casi una década, y que en el pasado seminario fue el tópico más discutido. Su solución tiene implicaciones clínicas, ya que una vez que se defina si *E. histolytica* es una sola especie capaz de modular su virulencia de acuerdo al medio en que se encuentra, o bien si una población de lo que actualmente conocemos como *E. histolytica* es permanentemente inocua, mientras la otra es capaz de producir daño al hospedero, el médico podrá decidir con mayores elementos si un paciente con amibiasis asintomática, pero que esparce quistes a su alrededor, debe ser tratado o no. De ahí la necesidad imperiosa de obtener datos experimentales para resolver la controversia. Durante la discusión científica, algunas veces se percibió la dificultad para aceptar las opiniones de otros. Esto, que no es acorde con la mentalidad científica, paradójicamente sí lo es con la naturaleza humana. En ocasiones el interés se centró más en demostrar que el otro estaba equivocado que en el análisis cuidadoso de los datos presentados. La pasión que ponemos en la defensa de nuestros puntos de vista puede ser un potentísimo motor en el trabajo, pero si la trasladamos hasta a la interpretación de los datos, puede conducirnos a errores incorregibles. Lo mejor que aprendimos de este seminario es que para hacer buena ciencia se requiere una gran pasión, pero que ésta, sin datos experimentales, no puede sustentar ninguna hipótesis científica. Esperamos que dentro de dos años, en otra reunión de excelencia, en el XIII Seminario sobre Amibiasis, se presenten los resultados de experimentos que, aún desprovistos de pasión, ilustren sobre lo que en esta vez no pudimos concluir en forma definitiva.



APOYOS PARA LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

CONVOCATORIA

El Fondo de Estudios e Investigaciones Ricardo J. Zevada invita a los investigadores de las instituciones mexicanas de educación superior e investigación, a presentar protocolos de investigación, con vistas a obtener apoyo en una de las siguientes categorías:

- 1.- Investigadores reconocidos.
- 2.- Investigadores posdoctorales.

En ambas categorías se evaluará la originalidad, calidad, relevancia e impacto de las investigaciones propuestas. Se otorgará apoyo a un total de diez proyectos en las áreas siguientes:

- Ciencias Físico-Matemáticas.
- Ciencias Biológicas y Biomédicas.
- Ciencias Sociales.
- Ciencias de la Ingeniería.
- Ciencias del Medio Ambiente.

Los apoyos a investigadores reconocidos serán por 20 mil nuevos pesos cada uno. Los correspondientes a investigadores posdoctorales serán de 15 mil nuevos pesos cada uno.

Las solicitudes en ambas categorías tendrán que cubrir las siguientes condiciones generales y requisitos específicos.

CONDICIONES GENERALES

- 1.- Las investigaciones deberán ser relevantes en el contexto de México.
- 2.- Los proyectos serán de un año de duración y deben ser avalados por el director de la institución de adscripción del investigador.
- 3.- Los protocolos, cuya extensión máxima será de tres cuartillas, deben incluir la información solicitada en el instructivo general.
- 4.- Los proponentes deberán indicar en su solicitud el destino específico del apoyo solicitado.
- 5.- El Fondo informará en la primera quincena de septiembre de 1993, cuales proyectos fueron seleccionados.
- 6.- Los apoyos se entregarán en una sola exhibición a partir del 30 de septiembre de 1993.
- 7.- Los beneficiarios adquirirán los siguientes compromisos: entregar a más tardar un año después de recibir el apoyo, un reporte financiero avalado por el director de la institución a que se encuentran adscritos y un reporte con los resultados de sus investigaciones, además, a solicitud del Fondo, dictarán una conferencia sobre dichos resultados.

REQUISITOS PARA INVESTIGADORES RECONOCIDOS

A.- Trabajar en líneas de investigación propias y de significación en el ámbito científico nacional e internacional.

B.- Evidenciar haber formado grupos de investigación en líneas afines a la del protocolo presentado a concurso.

REQUISITOS PARA INVESTIGADORES POSDOCTORALES

A.- Tener un máximo de 35 años y haber obtenido un doctorado en área afín a la de la investigación propuesta.

B.- Tener publicaciones en revistas reconocidas de su especialidad.

SOLICITUDES

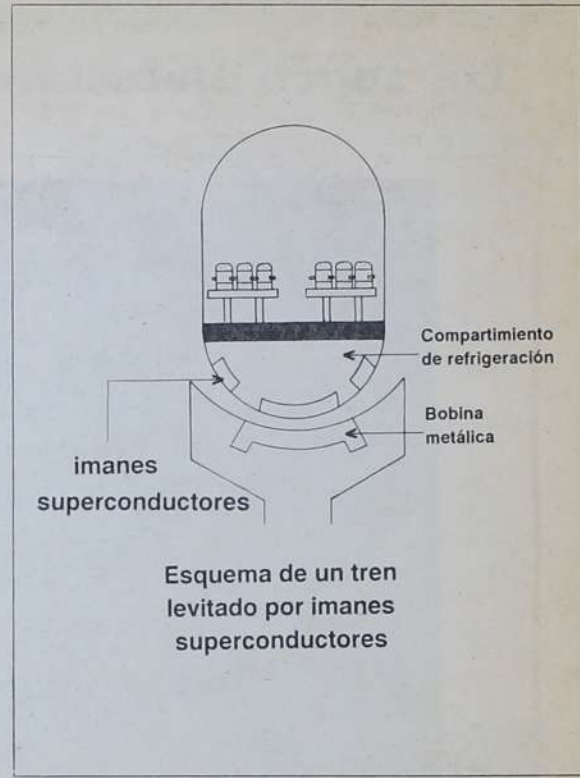
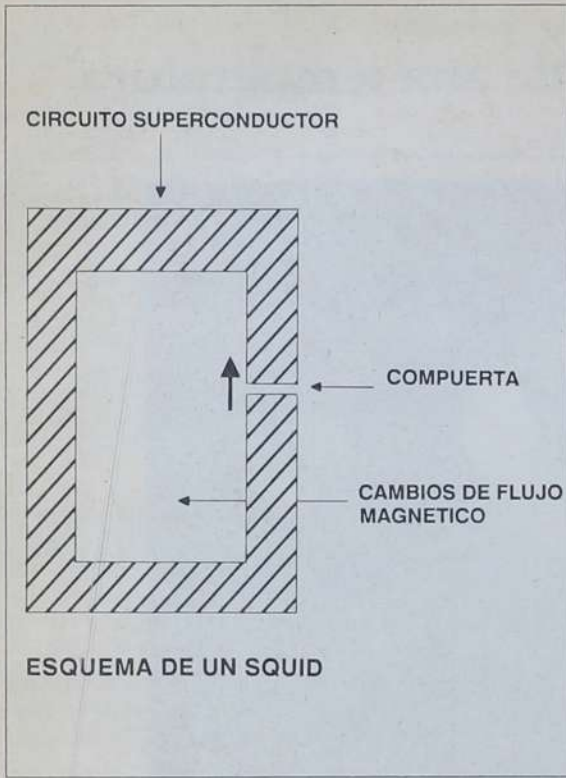
El instructivo general para la presentación del proyecto se encuentra en las oficinas del Fondo: Insurgentes Sur No. 1397, 3er. piso, C.P. 03920, Col. Insurgentes Mixcoac. Tel. 598-96-01, domicilio en donde deberán presentarse las solicitudes por duplicado, a más tardar el próximo 31 de julio.

*Avances de Ciencia y Tecnología***Los superconductores de alta temperatura****Carlos Chimal y Víctor Sosa**

A raíz de su descubrimiento en 1986, ha habido un gran interés en todo el mundo por los materiales cerámicos superconductores. Los hallazgos ese año de Bednorz y Müller no sólo ocuparon por completo la atención de muchos a fin de entender los procesos físicos que se llevan a cabo en estos materiales, sino también los volcaron en la búsqueda de maneras de aprovecharlos tecnológicamente. Fue tan grande el impacto de este descubrimiento que la publicación original ya contaba, en 1989, con más de 3 200 citas. Esto

lo convirtió en uno de los trabajos de las ciencias físicas más citados de todos los tiempos. Por su descubrimiento, los autores fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1987. Sin embargo, los investigadores no han podido entender en realidad cuál es el mecanismo que da lugar a dicho fenómeno en estos materiales, ni tampoco ha podido cristalizar lo que en un inicio parecía ser una espectacular explosión tecnológica. Si bien en la actualidad los superconductores tradicionales se emplean en una amplia variedad de aplicaciones (desde detectores de campos magnéticos extremadamente sensibles hasta imanes superconductores de gran campo destinados a la tomografía de imágenes por resonancia magnética y aceleradores de partículas) se esperaba mucho más de los superconductores cerámicos. Se pensaba que tales superconduc-

Carlos Chimal, escritor y divulgador de la ciencia, es colaborador permanente de *Avance y Perspectiva*. Víctor Sosa es alumno de doctorado en el Departamento de Física Aplicada del Cinvestav-Mérida.



tores de alta temperatura pronto formarían parte de veloces trenes levitados, motores, generadores o una nueva generación de computadoras.

Las principales ventajas de estos aparatos basados en los superconductores serían su baja capacidad de disipación de energía, su altísima velocidad de operación y su enorme sensibilidad. No obstante, las limitaciones han sido mucho más complejas de lo que se creía. Para comprenderlas y, sobre todo, para apreciar lo que estos materiales prometen una vez superados los obstáculos, el Departamento de Física Aplicada del Cinvestav-Mérida lleva a cabo estudios teóricos y la producción de superconductores en dos formas: muestras cerámicas con volumen, que tienen tamaños de 1 cm x 5 mm de espesor, y películas delgadas. Estas últimas se caracterizan por tener que fabricarse sobre un sustrato específico, y su espesor no es mayor a unas cuantas décimas o milésimas de micras.

La superconductividad es un fenómeno cuántico de orden macroscópico, en el que la

conducción eléctrica es muy eficiente. Metales como el cobre y todos aquellos alambres que conocemos conducen la corriente e inevitablemente se calientan. Este calentamiento es una manifestación de que la energía se disipa, de que hay una pérdida de energía en forma de calor, esto es, una resistencia. El superconductor no se comporta así, su resistencia es prácticamente cero, de tal manera que no existe el efecto Joule de calentamiento. En principio, uno podría pensar en la posibilidad de sustituir todos los alambres de cobre por superconductores y ahorrarse cantidades tremendas de energía. Desafortunadamente, para obtener esa propiedad superconductor es necesario mantener el material a temperaturas muy bajas. Dicho sea de paso, la temperatura más alta que un superconductor puede tener sin que pierda sus características se llama temperatura crítica. Hasta antes de los cerámicos descubiertos en 1986, esta temperatura era de -250 C, o sea, 23 arriba del cero absoluto. En la actualidad, el superconductor con mayor temperatura crítica (125 K) es un compuesto basado en talio, bario, cobre, calcio y

oxígeno. Se trata, pues, de un compuesto muy complejo.

En el Departamento de Física Aplicada del Cinvestav-Mérida se ha estudiado un compuesto de itrio, bario, cobre y oxígeno. Por la composición relativa de sus elementos se le conoce como material 1,2,3 (itrio 1 bario 2 cobre 3 más oxígeno, cerca de 7).

Si bien hay que enfriarlo, su temperatura de transición puede alcanzar los 90 K, por encima de la temperatura de licuación del nitrógeno (77 K). Esta es una ventaja que llama mucho la atención porque hasta hace algunos años se usaba helio líquido para enfriar, y la fabricación y mantenimiento de helio líquido es muy caro. En cambio, el hecho de poder mantener el material a 77 K, con un método mucho más barato, permite intentar hacer aparatos a temperaturas más altas. Ejemplo de ello serían los aparatos de resonancia magnética, en donde se puede ver el corte transversal de los tejidos y la estructura del cerebro. Algunas de las partes que recogen las señales están constituidas por dispositivos capaces de medir señales de campo magnético muy pequeñas, y para construir tales dispositivos es necesario usar circuitos de corrientes superconductoras. Sin embargo, los circuitos tienen que insertarse en frascos enfriados con helio líquido. Habría que pensar entonces cómo fabricar y enfriar estas partes llamadas squids (en inglés, Superconducting Quantum Interference Devices) solamente en nitrógeno líquido. Estos equipos de resonancia magnética cuestan entre uno y dos millones de dólares. Si se fabricaran enfriados por nitrógeno, podría reducirse el precio a unos cien mil dólares.

Otra ventaja es que, al interactuar con un campo magnético externo, el material superconductor lo hace de una manera contraria a un imán. Sin importar el campo magnético que uno tenga, un imán siempre se va a orientar hacia el otro campo, es decir, se va a alinear de tal manera que haya una fuerza de atracción. Por su parte, el superconductor va a hacer lo mismo, pero al revés, se va a alinear a fin de repeler el campo magnético. Se dice, en consecuencia, que el superconductor es diamagnético, y este fenómeno se conoce como el efecto Meissner.

Así que estas dos características, la baja pérdida de energía al transferir corriente eléctrica y la expulsión de toda línea de campo magnético, definen un superconductor.

Se ha tratado de aplicar el principio de levitación magnética, o maglev, a trenes, en cuyo caso la ventaja no sería tanto la posibilidad de instrumentar una criogenia (es decir, la capacidad de enfriamiento) menos costosa, sino el hecho de que esos materiales pueden producir campos más intensos de los que producían los superconductores tradicionales. Producir un campo magnético más intenso permitiría mayor capacidad de juego, mayor capacidad de producción de esos dispositivos. De esta forma, en los rieles metálicos se producirían corrientes que rechazaran el campo del superconductor enfriado en la base del tren, lo cual lo haría levitar. Si uno pudiera jugar con las corrientes que se hace pasar por el conductor, podría regular el campo magnético que, dependiendo de sus intensidades, va a hacer que levite más o menos el tren. Los trenes levitados han sido tratados de explotar sobre todo por los japoneses desde hace mucho tiempo; por desgracia, recientemente su proyecto tuvo un accidente y han tenido que sufrir un retroceso. Pero es una tecnología que ya está probada a nivel piloto. El siguiente paso es tratar de extrapolar la experiencia en los superconductores tradicionales hacia los superconductores de temperatura crítica.

Se ha tratado, asimismo, de aplicar estas propiedades de los superconductores a la computación. En este caso, se necesita fabricar películas delgadas, porque todos los circuitos, chips, tarjetas, están hechos de películas delgadísimas una sobre otra. Es imperante, además, dominar la tecnología de semiconductores y aplicarla a superconductores. Existe otro problema adicional: esos materiales son óxidos. Puesto que siempre tienen oxígeno, para meterlo a la muestra se requiere de un tratamiento térmico que generalmente anda en el orden de los 700 °C. El reto es idear la manera de introducir el oxígeno lo más eficientemente posible, pero al mismo tiempo depositar las películas en un sustrato que, por lo común, contiene no solamente el superconductor, sino otros materiales que constituyen un chip completo. Hay que solucionar el problema de deposi-

tar un material con calidad de tal forma que las temperaturas del proceso no dañen el dispositivo. Los primeros dispositivos que han empezado a diseñarse para aplicarlos en películas son los squids, mencionados anteriormente, es decir, medidores de campo magnético muy finos.

El diseño de los squids está basado en la interacción de las corrientes en un superconductor con la señal magnética que producen. Vale la pena hacer notar que el campo magnético no existe en forma continua, sino que, al igual que la energía, está cuantizado. Estos dispositivos permiten la entrada del campo, pero lo importante es que sólo lo hacen a cuentagotas. Apenas entra una cierta cantidad del campo magnético, que está cuantizada y medida, como lo está la carga del electrón. Existe, en realidad, un cuanto de flujo magnético y su valor es muy pequeño. Si es posible introducir flujo tras flujo, línea tras línea, el lector puede imaginarse la fineza con que se medirían los cambios de campo magnético. Lo que el squid hace es generar una compuerta a través de la cual es muy difícil hacer pasar una corriente. Se crea una región débilmente enlazada por la que, cuando fluye una corriente, se inducen campos o cambios de campo muy pequeños. Para ello, hay que depositar el material y luego hacerle un proceso de decapado, o sea darle la forma, la geometría, de tal manera que en la zona de enlace débil fluya una pequeña corriente que induzca solamente pequeños cambios de flujo. Es algo así como un embudo magnético.

El principio que rige el funcionamiento de un squid se denomina efecto Josephson, en memoria del físico que lo descubrió. La velocidad con que se detectan los cambios de corriente que acompañan a los cambios cuantizados de flujo magnético es muy alta; esto podría utilizarse también para tener computadoras cada vez más rápidas.

Existen sobre todo dos problemas que se han encontrado para la transmisión masiva de la corriente eléctrica. El primero de ellos está relacionado con el hecho de que estos materiales son cerámicos, es decir, no se pueden moldear fácilmente y, por lo tanto, es muy complicado fabricar cables flexibles y resistentes. También se

ha encontrado que estos cerámicos no soportan mucha corriente. Por ejemplo, por un cable de 1 cm² de diámetro sólo pueden fluir entre 100 y 1 000 amperes, que es un valor muy bajo para las aplicaciones tecnológicas. Se dice, entonces, que su corriente crítica es muy baja. Ahora sabemos que esto se debe a que las líneas de campo magnético tienden a desplazarse en el interior del material, con lo que se crea una resistencia eléctrica distinta de cero y se destruye la superconductividad. Entonces, una manera de incrementar la corriente crítica sería tratar de amarrar o anclar estas líneas magnéticas en el material. Para ello se han intentado varios caminos; el más exitoso ha sido incrustar pequeñas partículas, como protones y neutrones, en el material. Esto se hace mediante el bombardeo con un haz de cierta energía. Como resultado de esta incrustación, las líneas magnéticas se anclan en estas partículas y la corriente crítica puede aumentar hasta 100.000 o más amperes en cada cm².

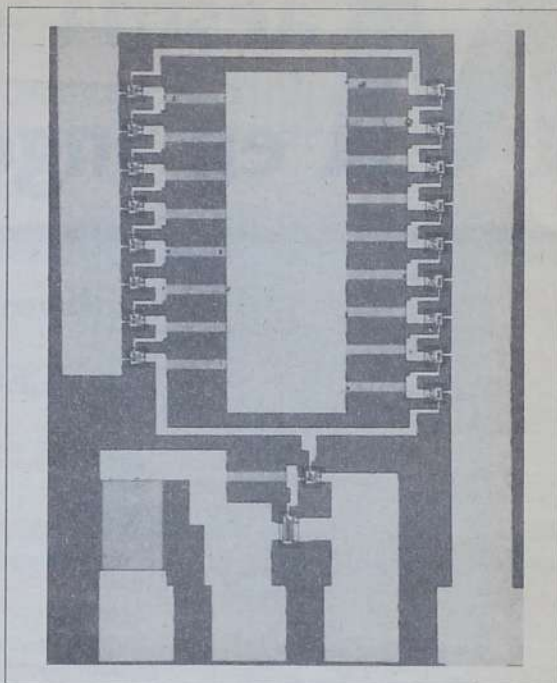
Una corriente alta se traduce también en una gran fuerza magnética. De esta manera, se podrían estudiar las características del superconductor a partir de su comportamiento ante un campo magnético. Un bello experimento realizado en el Centro Internacional de Superconductividad en Japón mostró la eficacia del método de incrustación de partículas cuando el director del Centro, sentado sobre un imán (que era repelido por una muestra superconductora con alta corriente crítica) levitó como querían las brujas en el Sabat o los santos varones en su huida al cielo.

Otra probable aplicación de estos superconductores es su utilización como rodamientos de muy baja fricción. En efecto, al ser ponerse en práctica la repulsión y la levitación de objetos por la fuerza magnética, se podrían construir dispositivos que deban mantenerse en movimiento y con el menor amortiguamiento posible. A este respecto, ya se ha logrado mantener un pequeño balero superconductor por varias horas en rotación, a una velocidad de hasta 20 000 vueltas por minuto. Este resultado es de sumo interés para la tecnología de las estaciones espaciales, puesto que en ellas a menudo es conveniente mantener girando algunas partes a fin de obtener una mayor estabilidad. Los rodamientos mecáni-

cos tradicionales requieren del uso de aceite para disminuir la fricción, pero esto no es posible en el espacio exterior. Los rodamientos superconductores ofrecen una opción muy apropiada, sobre todo si se toma en cuenta que ante las bajas temperaturas que envuelven la atmósfera terrestre, el enfriamiento no sería ningún problema.

Durante los primeros años en que se estudiaron los materiales superconductores de alta temperatura se generó mucha información experimental que resultó errónea, pero los experimentos que se llevaron a efecto después y los que se realizan en la actualidad se hacen con extremo cuidado. Además, también se intenta describir en forma satisfactoria el comportamiento de los materiales mediante diferentes modelos. La teoría que describe de manera aceptable los superconductores tradicionales es la denominada teoría BCS, por las iniciales de sus autores (Bardeen, Cooper y Schrieffer). Las teorías que han surgido para describir los superconductores cerámicos predicen en forma correcta sólo una parte de los hechos experimentales y no pueden explicar otros fenómenos. Así, la teoría BCS, según la cual el mecanismo básico consiste en un acoplamiento de los electrones con la red cristalina, no puede explicar los altos valores de la temperatura crítica. Otro de los problemas de esta y otras teorías es que no pueden describir adecuadamente la transición al estado normal, es decir, cuando el material deja de ser superconductor. Las teorías actuales proponen diferentes tipos de interacciones en el material. Así, plantean la existencia de aniones, polarones y bipolarones, ondas de espín, etc. De manera general, no podemos más que decir que en estos materiales existen varios tipos de interacción, y el problema constituye todo un reto en la actualidad.

Persiste la búsqueda de nuevos materiales con mayores temperaturas de transición, se trata de desarrollar prototipos de dispositivos y se intenta entender los mecanismos que ocasionan este fascinante fenómeno cuántico que se manifiesta en el universo macroscópico de una manera espectacular. Pero es evidente que la expectación que despertaron al principio ha ido disminuyendo, aunque en Japón el apoyo a tales investigaciones no haya decaído. Como quiera que



sea, y a pesar de que recientemente compañías muy importantes (como IBM) han manifestado que ya no tienen el mismo interés en seguir investigando estos materiales, se espera que el impacto tecnológico de los superconductores de alta temperatura crítica llegue tarde o temprano. ❁

Referencias

- Burns, Gerald. *High Temperature Superconductivity. An Introduction*. Academic Press, San Diego (1992).
- Ghoshal, Uttam y Van Duzer, T. Superconductivity Researchers Seek to Remove Computational Bottlenecks, en *Computer in Physics*, vol. 6, núm. 6. Nov-Dic. (1992).
- High Temperature Superconductivity. *Physics Today* **44**, núm. 6, ed. especial (1991).
- Kwok, Hoi S. y Shaw, David T. (eds.). *Superconductivity and Its Applications*, Elsevier, Nueva York (1988).
- Müller, Alex K. The First Five Years of High- T_c Superconductivity, en *Physica C* 185-189 (1991) 3-10. Elsevier Science Publishers, Holanda.
- Schlüter, Michael A. Unaccountable Conduct, en *The Sciences*, mayo-junio de 1989. págs. 44-51.
- Woods Halley, J. (comp.), *Theories of High Temperature Superconductivity*. Introducción histórica de John Bardeen. Addison-Wesley, Redwood City, 1988.

Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

Especialidad en BIOELECTRONICA

La Sección de Bioelectrónica del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados ofrece su programa de **Maestría en Ciencias** en la especialidad de Ingeniería Eléctrica, Bioelectrónica en las áreas de investigación que se cultivan.

*MICROELECTRONICA MEDICA
BIOINSTRUMENTACION ELECTRONICA
BIORROBOTICA Y REHABILITACION
PROCESAMIENTO DE SEÑALES BIOELECTRICAS E IMAGENES*

Requisitos de Admisión

Carta de intención, Curriculum Vitae, Estudios profesionales completos y los documentos pertinentes.
Egresado de Licenciatura, Ing. Eléctrica, Electrónica.
Promedio mínimo de 8
Conocimiento del idioma inglés a nivel intermedio
Aprobar los cursos propedéuticos de tres meses a tiempo completo

Becas:

CONACYT, COSNET, SEP, ANUIES

Calendario

La admisión se realiza una sola vez al año de la siguiente forma:
Recepción de documentos: mes de mayo
Cursos propedéuticos: del 1º de Junio al 31 de Agosto.
Inicio de la maestría: el 1º de Septiembre de cada año

Información

M. en C. Juan de Dios Castañeda C.
Coordinador Académico
Departamento de Ingeniería Eléctrica, sección de Bioelectrónica
CINVESTAV - IPN
Av. I.P.N. 2508 esq. Ticomán Deleg. G. A. Madero 07360 México, D.F.
Tels.: 754 02 00, 752 06 77 exts. 3600 y 3716 Fax: 586 62 90 y 752 05 90
Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F.

*Innovaciones educativas***Realidad de las fuerzas ficticias****Víctor Sosa Villanueva****Mecánica de Newton**

El objeto de la Física es describir a la naturaleza; cualquier intento de establecer un modelo matemático para explicar un fenómeno particular deber someterse a la prueba rigurosa del experimento. Existen principios y leyes físicas generales que han mostrado su validez, siendo capaces incluso de predecir el comportamiento de los distintos sistemas físicos. El ejemplo más conocido lo constituyen las leyes de Newton, que describen con precisión el movimiento de los cuerpos a escalas normales en nuestra vida cotidiana. Por escalas normales queremos decir distancias del orden de centímetros, metros o aun kilómetros, así como velocidades pequeñas comparadas con la de la luz (los cohetes más veloces alcanzan hasta 100,000 km/h, apenas una diezmilésima parte de la velocidad de la luz), y masas de unos gramos, kilogramos, o hasta toneladas.

En esencia, lo que Newton propuso en sus leyes es que basta con conocer todas las interacciones que tiene un objeto con los demás cuerpos para saber cómo se moverá subsecuentemente. En términos coloquiales, Newton diría: "dénme las interacciones, y les diré cómo se mueven los cuerpos". A las interacciones entre dos cuerpos se les llama fuerzas; resulta evidente entonces que en cada fuerza deben intervenir dos objetos: el que la ejerce y el que la recibe. Tomando este esquema simple podemos decir, por ejemplo, que el peso de una persona es la fuerza que nuestro planeta ejerce sobre esta persona; la fuerza de fricción es aquella que el piso ejerce sobre un cuerpo en



movimiento, y que tiende a impedir su desplazamiento.

Es muy común escuchar el término *fuerza de voluntad*, o de que un proyectil *llevaba una gran fuerza*, o incluso que un determinado atleta *tiene mucha fuerza*. Es decir, el término *fuerza* se utiliza en muchos sentidos, y no en todos los casos es bien aplicado (al menos, desde el punto de vista original de Newton). Pero ese es otro asunto. Existen otros tipos de fuerzas, sobre las que queremos hablar ahora: las llamadas fuerzas inerciales, a las que también se les denomina fuerzas ficticias.

Dos ejemplos conocidos

Todos hemos experimentado algunas de estas fuerzas en más de una ocasión. Un ejemplo típico

El M. en C. Víctor Sosa Villanueva, profesor auxiliar del Departamento de Física Aplicada de la Unidad Mérida del Cinvestav, es físico egresado de la UAMH y maestro en ciencias (Física) del Cinvestav.

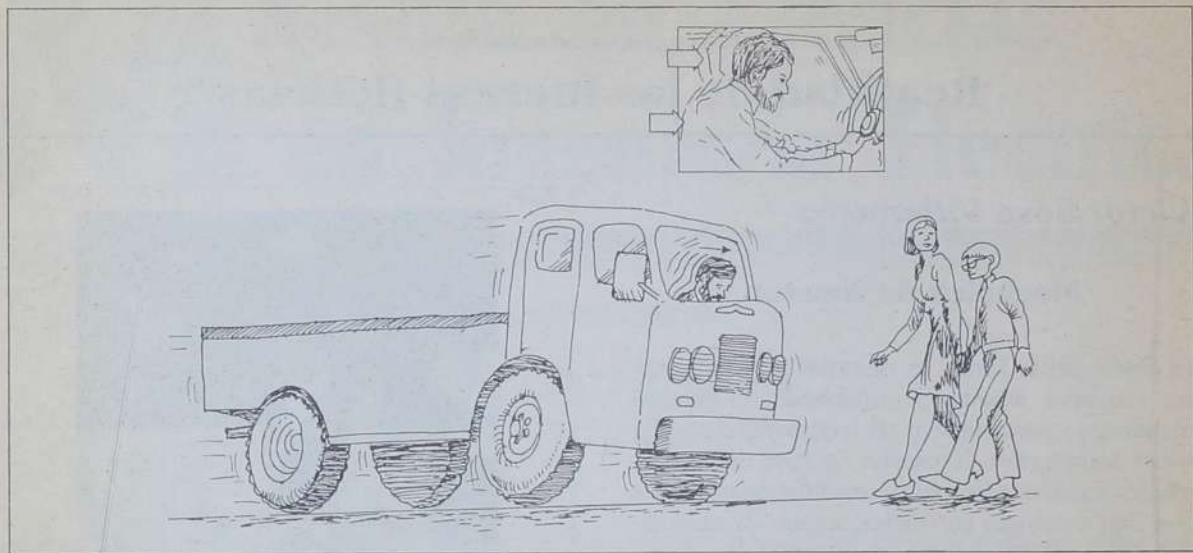


Figura 1

lo encontramos cuando el vehículo en el que viajamos cambia de velocidad: al frenar intempestivamente, nos vamos de bruces hacia adelante; al acelerar, nos sentimos empujados hacia atrás; y cuando cambiamos de dirección, nuestro cuerpo tiende a desplazarse en la dirección opuesta. Cabe preguntarse aquí cuál es el agente externo que está ejerciendo estas fuerzas sobre nosotros. Una respuesta apresurada (y muy común) podría ser *la velocidad*; también es frecuente atribuir estas fuerzas a *la inercia*. Sin embargo, éstos no son objetos físicos con los que podamos interactuar; más bien son propiedades físicas de nosotros mismos (figura 1).

Otro ejemplo muy conocido se presenta con los tripulantes de un transbordador espacial cuando se encuentra en órbita alrededor de la Tierra. Es común observar en el interior de la nave personas flotando libremente. La explicación más usual (y, sin embargo, errónea) de este fenómeno es atribuirlo a la *ausencia de gravedad*, pero basta saber que la nave se encuentra solamente a unos 300 Km de altura para desechar esta posibilidad. En efecto, a esta distancia, que es menor que la vigésima parte del radio de la Tierra, el peso de una persona disminuye sólo un 9%. Es decir, un astronauta que en la superficie terrestre pesa 80 kilos, en la nave es atraído por nuestro planeta con una fuerza de casi

73 kilos. ¿Cómo se explica entonces que los astronautas puedan levitar dentro de la nave? Para ello es necesaria la existencia de una fuerza que empuje a los tripulantes alejándolos de la Tierra y equilibre su peso. A esta fuerza se le conoce con el nombre de *fuerza centrífuga* y también es una fuerza ficticia porque no se le puede asociar un objeto físico real que la esté ejerciendo (figura 2). Esta misma fuerza es la que se experimenta cuando cambiamos bruscamente de dirección en un coche y sentimos que somos empujados en el sentido opuesto al de la vuelta.

Sistemas de referencia inerciales

De acuerdo a lo anterior, existen casos en los que necesitamos hablar de fuerzas ejercidas por objetos ficticios. Esto es así si queremos aplicar las leyes de Newton aun en estos casos, y por ello vale la pena examinarlos con más detalle. Será necesario definir un concepto muy importante y que resulta ser básico para entender la aparición de las fuerzas ficticias: los sistemas inerciales.

Para un observador dado, un sistema inercial es un sistema de referencia que se mueve con velocidad constante. En estos sistemas, y solamente en ellos, podemos decir que las leyes de

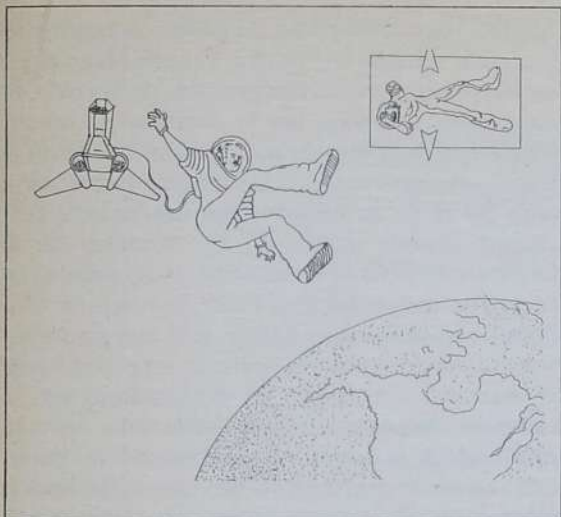


Figura 2

Newton son válidas. En términos sencillos, las dos primeras leyes de Newton establecen lo siguiente. Primera ley: un objeto que se encuentre libre de fuerzas no equilibradas, no cambia su cantidad de movimiento. Por cantidad de movimiento se entiende el producto de la masa por la velocidad del objeto; para un cuerpo de masa constante, la cantidad de movimiento cambiará sólo cuando varíe su velocidad. Segunda ley: un objeto cambiará su cantidad de movimiento si está sujeto a una fuerza no equilibrada; mientras más grande sea la fuerza, el cambio será proporcionalmente mayor.

En muchas ocasiones a la primera ley no se le da la importancia que tiene. Incluso se ha dicho que es una consecuencia lógica de la segunda ley. Sin embargo, su importancia se hace patente al analizar las fuerzas ficticias. Por ejemplo, cuando sentimos el empujón hacia adelante durante el frenado del vehículo, concluimos que, efectivamente, no existe interacción con algún otro cuerpo, y sin embargo nuestra velocidad dentro del vehículo está cambiando. Es decir, la primera ley de Newton no se ha cumplido. La razón es que el auto (mientras está frenando) no es un sistema inercial, y por lo tanto no podemos aplicar la mecánica de Newton.

La primera ley, pues, nos permite darnos cuenta si nuestro sistema de referencia es o no inercial. Un sistema inercial puede definirse también

como aquel sistema en el que se cumplen las leyes de Newton.

No obstante, estamos tan acostumbrados a utilizar este formalismo (las leyes de Newton) que sería deseable encontrar un procedimiento intermedio con el cual pudiéramos describir la evolución del sistema físico, aun cuando nos encontremos en un sistema de referencia que no sea inercial. Este procedimiento existe, y consiste en incorporar las fuerzas ficticias en las ecuaciones, como si tuvieran una realidad física. Así, si estamos en un sistema no inercial, al hacer el balance de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, habremos de incluir tanto las fuerzas reales como las ficticias. Este es el precio que hay que pagar para poder usar el formalismo de Newton en estos sistemas (las ecuaciones resultantes pueden llegar a ser muy complicadas).

Podemos decir como regla general que para que un sistema de referencia sea inercial, deberá estar estático o moviéndose con una velocidad constante. Por velocidad constante hay que entender que el movimiento es en línea recta y siempre con la misma rapidez. Así, los observadores que se encuentran en un vehículo acelerado (como el coche frenando) o con un movimiento giratorio (el transbordador, por ejemplo), si desean utilizar una descripción newtoniana del movimiento, tendrán que recurrir a alguna fuerza ficticia.

Fuerza de Coriolis

¿Por qué preocuparse por los sistemas no inerciales y las fuerzas ficticias? Después de todo siempre tenemos la libertad de escoger nuestro sistema de referencia. La respuesta a este cuestionamiento es muy simple: dado su movimiento de rotación, la Tierra misma es uno de tales sistemas; y por ello surge en forma natural la necesidad de recurrir a las fuerzas ficticias para describir algunos fenómenos que se observan sobre la superficie terrestre.

Así, por ejemplo, la formación de los huracanes puede describirse en términos de una

fuerza ficticia denominada *fuerza de Coriolis*. Esta fuerza se manifiesta cuando un objeto (el aire, en este caso) se desplaza con relación a la Tierra; la dirección de esta fuerza siempre es perpendicular a la velocidad del objeto. De esta manera, los vientos provenientes de las zonas frías y que convergen hacia una región de baja presión (figura 3-a) sufren una desviación lateral de su trayectoria rectilínea y, al encontrarse, pueden formar un camino cerrado (figura 3-b).

En la caída libre de objetos también se manifiesta la fuerza de Coriolis: cuando un cuerpo se deja caer libremente, no lo hace en la dirección vertical, sino que se desvía ligeramente hacia el este. Esto ocurre en cualquier punto del hemisferio norte de la Tierra. Así, por ejemplo, un objeto que cae desde una altura de 100 m sufrirá una desviación (sin contar con la fricción del aire) de menos de 2 cm. Una desviación mayor ocurre si el objeto es un proyectil, en cuyo caso también hay una componente horizontal de la velocidad (generalmente, de mayor magnitud que la componente vertical).

Al respecto, existe una anécdota ilustrativa. El ejército inglés contaba a principios de este siglo con un cañón que tomaba en cuenta esta desviación de los proyectiles, de manera que, al apuntar hacia el blanco, se hacía la corrección ne-

cesaria. Una oportunidad de probar esta arma se presentó durante la Primera Guerra Mundial en las Islas Malvinas (situadas enfrente de la costa de Argentina); y grande fue la sorpresa de los artilleros ingleses observar que en lugar de dar en el blanco, ahora el proyectil se desviaba hasta caer a unos 90 m de él, cantidad que duplicaba la desviación original (figura 4). En términos de la fuerza de Coriolis la explicación es sencilla: si un cuerpo se mueve hacia el norte, la fuerza de Coriolis lo desviará hacia el este si el cuerpo se encuentra en el hemisferio norte; lo empujará hacia el oeste si se encuentra en el hemisferio sur. Y como la maquinaria inglesa había sido ajustada para corregir la desviación en el hemisferio norte, esta corrección incrementó aun más la desviación sufrida por el proyectil (ahora en sentido contrario) en el hemisferio sur.

Un dispositivo interesante que también involucra a esta fuerza es el denominado péndulo de Foucault. En este experimento se hace oscilar una gran masa suspendida de un cable de gran longitud; en el transcurso de una pocas horas se observa que el plano de oscilación de este péndulo cambia de orientación. Interpretada correctamente, esta experiencia demuestra que la Tierra gira alrededor de su eje, contrario a la creencia antigua de que nuestro planeta está quieto y los demás astros giran a su alrededor.

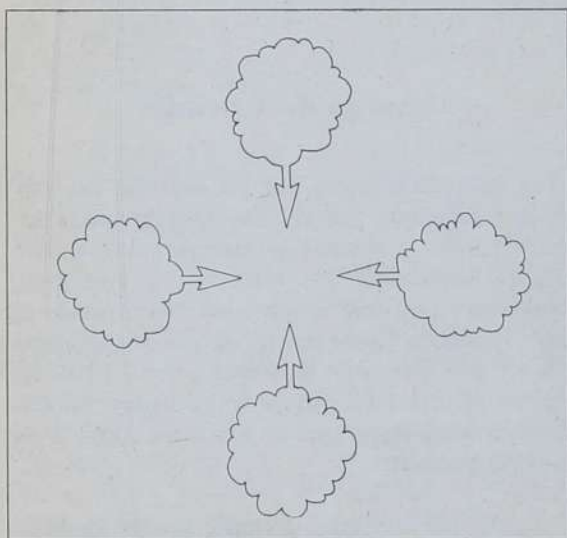


Figura 3 a

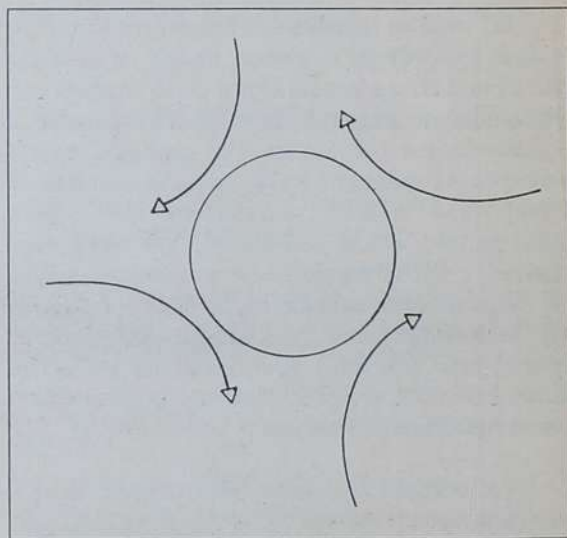


Figura 3 b

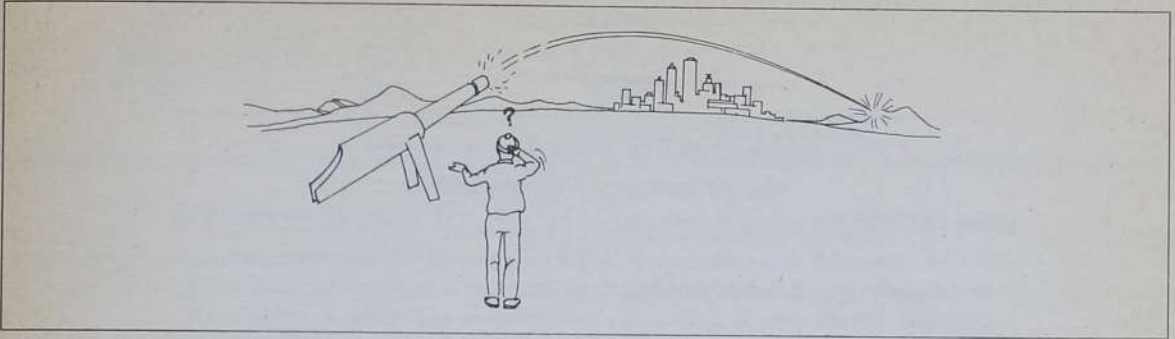


Figura 4

Lo anteriormente expuesto ha sido analizado en el contexto de la mecánica newtoniana; sin embargo, y a manera de una pequeña variación, diremos que el concepto de las fuerzas ficticias puede aparecer también en otros campos. Albert Einstein planteó la equivalencia entre las fuerzas reales y las fuerzas ficticias, demostrando que no se puede distinguir una de otras. En ese sentido, incluso nuestro peso puede considerarse como una fuerza ficticia² y, de hecho, en la teoría de la Relatividad General el concepto de fuerza ya no existe. Así, en lugar de decir que "un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro", se habla de que "el primer cuerpo deforma el espacio de tal manera que el segundo se ve forzado a seguir una trayectoria sobre el espacio deformado".

Fuerzas ficticias en el salón de clase

Es pertinente señalar que en los libros de enseñanza de la física el tema de las fuerzas ficticias es presentado de muchas maneras, y no siempre resultan ser correctas. Por ejemplo, se llega a plantear que la fuerza centrífuga es una fuerza de reacción real, ejercida por el cuerpo en movimiento³. Sin duda, esto crea confusión, malas interpretaciones y puede dar origen a una enseñanza equivocada por parte del profesor.

Afortunadamente, existen algunos textos que hacen énfasis en el verdadero origen y carácter de las fuerzas ficticias^{1,4}. Al respecto, recomendamos como material excelente de apoyo el cortometraje *Sistemas de referencia*, preparado por

el Physical Science Study Committee (Modern Learning Aids) de los EUA.

A manera de resumen, diremos que es posible entender las fuerzas ficticias en el contexto de la mecánica newtoniana e incorporarlas a la noción intuitiva de que cualquier cambio en el movimiento de un objeto es producido por la presencia de una fuerza externa. Por supuesto, esta descripción es válida sólo si estamos en un sistema de referencia inercial.

Las fuerzas ficticias más comunes son las siguientes: la asociada al cambio de rapidez con que se mueve el sistema de referencia (por ejemplo, al frenar el vehículo en que viajamos); la fuerza centrífuga, que aparece siempre que el sistema del observador cambia de dirección (en un carrusel, por ejemplo); la fuerza de Coriolis, que debe su origen al movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia con rotación. La Tierra es el ejemplo típico de tales sistemas. ❁

Notas

1. J.B. Marion, *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*, Cap. 11 (Revert, Barcelona, 1981).
2. R.P. Feynman, R.B. Leighton y M. Sands, *The Feynman lectures on physics*, Vol. 1, p. 12-16 (Fondo Educativo Interamericano, México, 1971).
3. Stollberg/Hill, *Física: fundamentos y fronteras*, p. 61 (Publicaciones Cultural, México, 1972); H.E. White, *Física moderna*, p. 117 (UTEHA, México, 1965); F.W. Sears, *Fundamentos de física*, Vol. I, p. 190 (McGraw-Hill, México, 1988).
4. A.B. Arons, *Evolución de los conceptos de la física*, p. 264 (Trillas, México, 1970); Physical Science Study Committee, *Física*, Parte III, p. 3 (Revert, Barcelona, 1962).

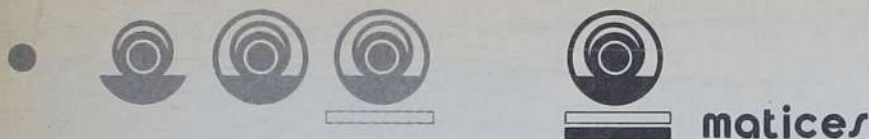
Información para los autores de *Avance y Perspectiva*

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 bimestral editada por la Secretaría Académica. A y P publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. 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. 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*.



Marcelino Cerejido y sus patrañas



Douglas Handsome

Creo importante aclarar de entrada que no sé español, que he escrito el original de este artículo en inglés ("Marcelino Cerejido and his forgeries") y que su versión al español ha sido hecha por Manuel Villanueva, escritor cubano exiliado en los Estados Unidos, a quien me es grato reconocer su valiosa colaboración. También debo agradecer a Lucas Pons Matavaca, becario mexicano, el haber detectado y traído a mi conocimiento el artículo de Cerejido "De arañas, escorpiones e investigadores profesionales" aparecido en la revista *Avance y Perspectiva* (11, 322, 1992) órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados de México.

El asesino siempre regresa al lugar del crimen

El artículo de Cerejido que cito arriba relata, en forma de cuento, cierta historia acerca de un veneno de arañas (*Spiderine*) que entregó a un toxicólogo norteamericano (Douglas Feroso) haciéndole creer que le estaba dando un tóxico de escorpión (*Bothritenina*). El tal Douglas Feroso realizó entonces una serie de estudios que publicó en diversas revistas, atribuyendo equivocadamente a la *Bothritenina* sus observaciones hechas en verdad con *Spiderine*, circunstancias que le

hizo caer en el descrédito de la comunidad científica y que, eventualmente, provocó su virtual muerte académica: a los dos años las revistas especializadas comenzaron a rechazarle sus manuscritos, perdió sus *grants*, su espacio de laboratorio, sus colaboradores, no fue promovido a profesor titular y hoy constituye lo que aquí se llama *dead wood*, madera muerta, calificativo humillante que se asigna al científico que se ve obligado a hacer docencia el cien por ciento de su tiempo porque ya no consigue dinero, laboratorio ni medio alguno para reinsertarse en la investigación profesional.

Cuenta Cerejido que, por el contrario, las observaciones sobre la verdadera *Bothrietenina*, publicadas por él, fueron confirmadas por otros colegas. El hecho de que los resultados de Cerejido (con la verdadera *Bothrietenina*) y de Feroso (con la falsa) discreparan tanto, atrajo una atención por demás inusitada, puesto que cada vez que los resultados de distintos laboratorios se contraponen, se genera una verdadera avalancha de publicaciones hasta que se logran disipar las dudas. Esta verdadera profusión de artículos puso a Cerejido por un par de años en el candelero, situación por demás desusada y hasta con ciertos destellos de gloria para una mediocridad como él.

Pero el asunto no terminó ahí puesto que, acicateado por la atención concitada, Cerejido se atrevió a dar un paso más. A sabiendas de que Douglas Feroso había estado trabajando correcta e intensamente con la *Spiderine* que él mismo le había entregado, se convenció de que los estudios de Douglas Feroso, si bien no tenían nada que ver con la supuesta *Bothrietenina*, eran con todo una utilísima fuente informativa sobre la primera toxina. Tuvo entonces la osadía de republicarlos con su propio nombre, atribuyéndolos, claro está, a la *Spiderine*. Su serie de ocho trabajos en dos años sobre la *Spiderine* fue un nuevo chispazo de notoriedad para la de otro modo oscura carrera de este sujeto.

Ocho años después de esta última felonía, Cerejido encuentra gracioso relatarla en *Avance y Perspectiva*, sólo que cambiando un tanto los nombres: bautiza como *Bothrietenina* a la toxina extraída de *Eretmochelys imbricata* y que, en rea-

lidad, se llama *Chelinotoxin*, y como *Spiderine* a la *Saurine*, una toxina de *Euthynnus pelamis*. A mí me llama *Douglas Feroso* en lugar de *Douglas Handsome*, teniendo la desfachatez de conservar mi primer nombre y traduciendo "Handsome" por "Feroso" que, según mi traductor Manuel Villanueva, deriva de hermoso y corresponde al inglés handsome. Finalmente ubica mi laboratorio en Miami, cuando en realidad trabajo aquí, en New York.

Debo aclarar, por otra parte, que el artículo de Cerejido no es para mí una humorada, sino una nueva versión de la conocida tendencia de los asesinos a regresar al lugar del crimen.

Quién es Cerejido

En los meses transcurridos desde que cayó en mis manos el artículo de Cerejido, y mientras preparo debidamente el caso que presentaré a una corte local y a las sociedades científicas pertinentes, me he ocupado de rastrear tanto su origen, como averiguar acerca de su carrera de investigador. Me he enterado, por ejemplo, de que no desciende para nada de una familia gallego-castellana, como sospechadamente se ocupa en difundir, sino que el apellido de su padre era Kirschner, de origen judeoalemán. Curiosamente Kirsch en alemán quiere decir *cereza*, al igual que en gallego Cerejido deriva de *çereixay* también equivale a *cereza*. Aún ignoro la razón del cambio de apellido y de ancestros.

He solicitado un rastreo bibliográfico, y compruebo con toda objetividad que, salvo las citas que han recibido los trabajos sobre *Chelinotoxin* y *Saurine*, el conjunto de todas sus publicaciones originales apenas ha recibido 48 referencias bibliográficas, cantidad extremadamente exigua para un investigador, por más opaco que sea. Y aquí cabe una aclaración. La cifra 48 surge del siguiente modo: he tomado el total de las citas a sus publicaciones, desconté, como digo, las de los trabajos dolosos sobre *Chelinotoxin* y *Saurine*. Luego, como es lógico, desconté también las autocitas, es decir, las citas de sus trabajos que hace en sus propios artículos y, por último, tam-



bién he descontado las citas que ha recibido por un trabajo de *review* en el *Handbook of Physiology*, escrito en coautoría con George Palatinesko.

¿Por qué desconté estas últimas, que son en verdad las más numerosas? Como se sabe, George Palatinesko fue una especie de ayatolah de la toxicología, cuyos incuestionables logros científicos lo llevaron a ganar un Premio Nobel, ocupar la presidencia de la National Academy, los consejos editoriales de los principales *journals* de nuestro tema, e integrar un puñado de importantes comisiones nacionales y cargos de poder para distribuir dinero, otorgar becas, diseñar programas nacionales, etcétera. Es común que cuando un investigador de esa talla acepta escribir un artículo de *review*, lo haga en colaboración con lo que aquí llamamos un *underdog*, es decir, de un colaborador más modesto, que es quien en realidad se ocupa del largo y penoso trabajo de acumular la bibliografía, preparar tablas y figuras, e irle pasando los sucesivos borradores al investigador *senior*, quien se limita a establecer directrices, hacer recomendaciones y pulir la versión final. Luego, claro está, nadie puede darse el lujo de no citar el artículo en cuestión, pues, como digo, durante el *reinado* de Palatinesko ninguna

revista se habría atrevido a publicar nada que rozara su tema sin enviárselo para que lo evaluara, ni tampoco comisión alguna que otorga dinero habría osado dar un centavo saltándose su opinión. Con todo, vale la pena tener en cuenta que, justamente, por ser de revisión, el citadísimo artículo de Palatinesko y Cereijido en el *Handbook of Physiology* no contiene datos originales. Para evaluar la trascendencia de los aportes originales de Cereijido, creo entonces ineludible descontar estas citas de su currículum.

Por otra parte, el caballito de batalla de Cereijido es una viejísima técnica que aprendió allá en Europa, durante su entrenamiento posdoctoral. Se trata de un largo y complicadísimo procedimiento que constituye un verdadero recurso artesanal, y que si bien ya nadie domina, pues ha ido siendo reemplazada por técnicas más modernas, no deja de tener cierta utilidad secundaria. Esa ha sido la característica que invoca Cereijido cada vez que solicita fondos: "Soy el único investigador en el mundo que aún la tiene montada. Si no me apoyan, se extingue". A esto debemos sumar el hecho de que Cereijido invita regularmente a los más prestigiosos investigadores del mundo para que visiten su laboratorio y la vean (la *recuerden* sería más exacto), y a continuación los pasea, los agasaja en folklóricos restaurantes, se toma alguna foto con esas lumbreras, visita con ellos a los funcionarios para que constaten en qué mundo se mueve, y les regala luego alguna artesanía que con toda probabilidad el visitante luego exhibirá en su oficina, y que le recordará a Cereijido cada vez que alguien le pregunte de dónde sacó objeto tan extravagante. Yo mismo tengo en mi escritorio una máscara multicolor del estado de Guerrero, con barba y sanguijuelas pegadas a la cara.

Cómo se encumbró Cereijido

No hubiera querido extenderme sobre este particular, a no ser que, también en este ámbito, Cereijido ha llegado a extremos francamente delictuosos, que apenas ahora estoy sacando a la luz. Por ejemplo, en 1977 recibió el prestigioso Premio de la Gloucester Foundation, que luego le

valió una cascada de distinciones allá en su tierra. Fue una gran sorpresa para sus colegas, pero, quien más quien menos, pasó a sospechar que, quizás, en el fondo, el currículum de Cereijido no fuera tan magro como todos suponíamos.

Los quince años transcurridos hicieron olvidar el hecho, hasta que yo empecé a desenredar la madeja poco después de perder mi laboratorio a raíz de los trabajos con *Bothritonina* y *Spiderine*. Ahora, tras leer su artículo en *Avance y Perspectiva*, llego a conclusiones que también espero adjuntar a la carpeta de evidencias que presentaré a la corte judicial y a las sociedades científicas. Lo explicaré cronológicamente.

En 1977, Cereijido decide pasar seis meses en el laboratorio de Pär Gustafson, en Upsala, a pesar de que el gran Gustafson estaba ya con un pie en la tumba. Hace apenas dos meses, Ingrid Sjostrand, su ahora vieja ex-secretaria, me contó que Cereijido insistió en ir, con la excusa de que se proponía escribir un artículo-homenaje, hasta que fue aceptado a regañadientes.

Pasemos ahora a Washington. He visitado al ya emérito Mathias Flemming, para que recordara la circunstancia en que se le otorgó a Cereijido el Premio Gloucester Foundation 1977. El Dr. Flemming tiene una edad muy avanzada, pero bastó recordarle sus años de presidente de la Gloucester para que brotaran de su boca las explicaciones que, si bien en cierto modo concordaban con mis sospechas, superaron ampliamente mis conjeturas más bochomosas.

"Habíamos invitado a Gustafson a integrar el triunvirato para decidir el Premio 1977", recordó Flemming. "...Aceptó pero, ya cerrada la inscripción, una semana antes de la junta para dictaminar, recibimos la noticia de su muerte. Ya estábamos pensando en un posible remplazante, pero no habían pasado dos días, cuando recibimos una carta que, a juzgar por la fecha, Gustafson había dictado desde su lecho de muerte. En ella nos explicaba que su enfermedad no le permitiría asistir a la junta, pero que votaba enfáticamente por Marcelino Cereijido, pues sentía que los estudios que lo habían llevado al Premio Nobel se habían realizado sobre ideas que éste le con-



fiara. Gustafson confesaba que, por vanidad o por un celo exagerado de exclusividad, ocultó incluso los datos preliminares cruciales que le proporcionó Cereijido; sin embargo, ahora, a punto de dejar este mundo, no quería marcharse sin que se supiera la verdad".

"En pocos días más —continuó el viejo Flemming— sentado yo con los otros dos jurados, Chuk Vanderloo y Tony McBrian, meditamos detenidamente el asunto y decidimos que otorgarle el premio a Cereijido no era más que aceptar el testimonio y satisfacer el último deseo de ni más ni menos que el gran Pär Gustafson, uno de los padres de la toxicología moderna."

Mi abogado opina que, aunque la comparación de la firma del voto de Gustafson con las del Pär Gustafson real que me envió Ingrid demuestren que han sido estampadas por manos distintas, los calígrafos atribuirán toda diferencia a que en esos momentos el gran maestro estaba en cama, bajo el efecto de fortísimos analgésicos, con un pie en el más allá. De modo que aún no puedo ponerlo por escrito, pero yo sé quién es-

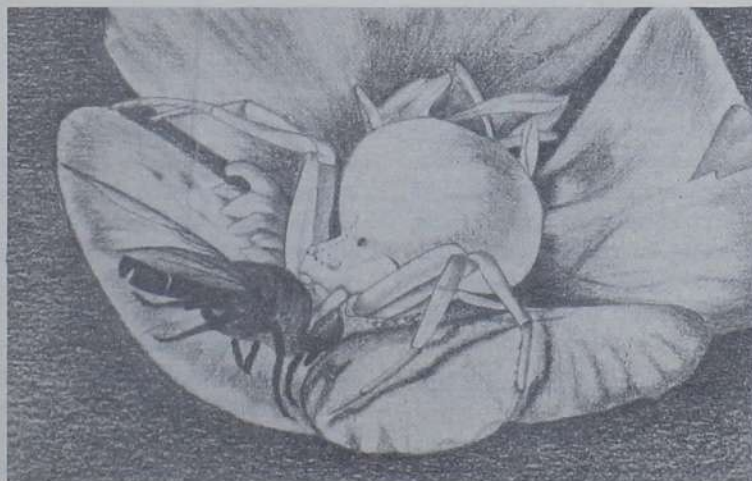
taba en Upsala antes y durante la muerte de Gustafson. Yo sé quién hurgaba la correspondencia que permanecía sin abrir en el escritorio del viejo, mientras éste yacía moribundo en una clínica. Ingrid Sjostrand me contó que en esos días "Cereijido recopilaba febrilmente los retazos de la vida del maestro (...) para lo cual revolvió archivos de artículos, cartas, fotos y antiguos registros". Yo sé muy bien quién tuvo acceso a los papeles membretados de Gustafson y pudo enviar con ellos cartas espúreas. Y no me cabe duda sobre quién forjó primero la aceptación de Gustafson de actuar como jurado del premio de la Gloucester...y luego falsificó su firma y envió su voto por carta.

La ciencia norteamericana tiene sus aspectos inhumanos. Para no ir más lejos, mi vida ha sido mutilada por uno de ellos: mi traspie por publicar las estupideces sobre la Bothritonina y la Spiderine. Aunque todas estas averiguaciones y rastreos logren aclarar el *affaire Cereijido*, y yo consiga que se me rehabilite, nadie me devolverá los quince años de sinsabores que arruinaron mi salud y destrozaron la vida de mi familia. Sé muy bien que cuando esto quede debidamente aclarado, cuando exija una compensación por daños y perjuicios, nadie me dará ya un cargo universitario. Esto se debe a que en el mundo científico uno debe explicar cuáles han sido sus logros y ¡yo hace quince años que no puedo investigar! Pues se me privó de todo medio, y por lo tanto tengo las manos vacías. Pero sirva este

aspecto amargo para que otros comprendan que aquí no valen las excusas ni cuentan los adjetivos: para calificar a un científico hay que enumerar qué, cuánto y cuándo aportó.

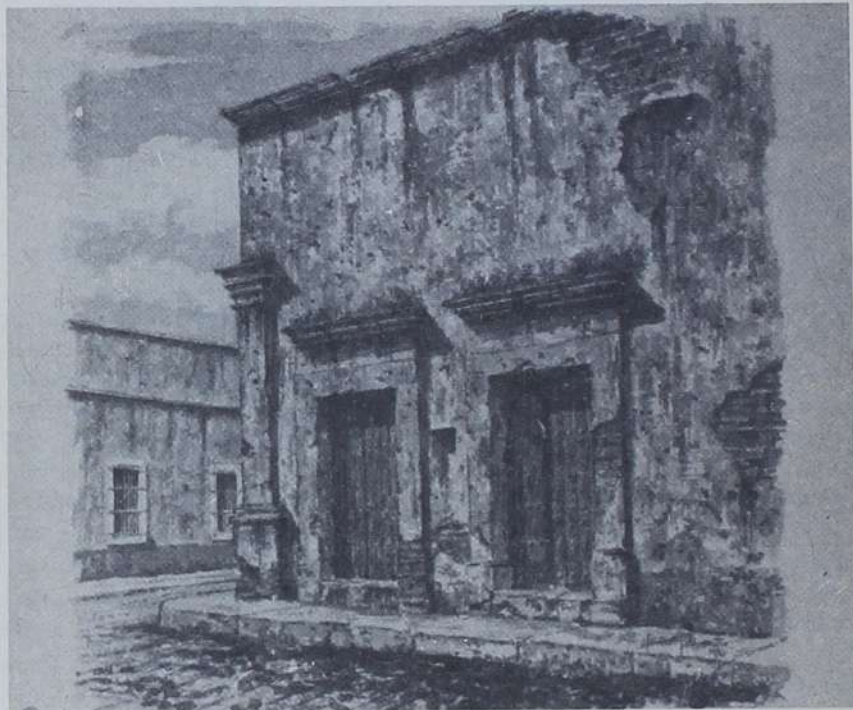
No quisiera ser ofensivo, pero parece que por Latinoamérica las cosas son un tanto distintas. Los premios y distinciones allá se otorgan a quien tiene muchos premios y abundantes distinciones, sin que en momento alguno tenga que aclarar qué fue lo que hizo, cuáles han sido sus aportes a la ciencia. Para corroborarlo, he pedido copia de los considerandos que acompañan los muchos premios y los muchos cargos honoríficos que Cereijido ha desempeñado en Latinoamérica, y he constatado que invariablemente especifican "por sus grandes méritos y honrosas distinciones", sin mencionar contribución alguna.

Hoy, a pesar de que sus magras 48 citas a su producción científica revelan demasiado a las claras una obra por demás intrascendente, Marcelino Cereijido es allá un intocable, pues se encuentra parapetado detrás de un frondoso currículum y de posiciones académicas conseguidas por sus "grandes méritos y honrosas distinciones". Por esto creo que es N. Vergara López, el dibujante que ilustra el nefasto artículo de Cereijido, y lo representa como un repelente Hombre Araña, la única persona en este mundo que ha captado con toda exactitud su verdadera naturaleza.





¡Llegaron las computadoras!



Guillermo Fernández de Castro

Guadalupe Díaz Tepepa

"Bueno; el primer punto que tocaremos es el de la compra de las computadoras". Así comenzó diciendo la maestra Amelia cuando el salón de la escuela agropecuaria ya estaba repleto esa mañana, y eso que antes se habían sacado las bancas del salón para que cupiéramos más. Llegaron padres de familia como de diez pueblos vecinos.

Luego la maestra nos dijo que esas computadoras eran importantes para la escuela, y sobre todo para nuestros hijos, porque con ellas estarían mejor preparados ante los cambios de ahora, los retos del tratado de libre comercio. Nos dijo que para conseguir un buen empleo todos necesitamos saber computación. "Pues sí" —pensé yo— "es cierto que está habiendo cambios. Muchos conocidos de aquí se fueron en los últimos tiempos para progresar pero no pasaron de perrito-perro. Les hubiera ido mejor si hubieran tenido más con que defenderse; por eso mejor" —dije yo— "sí hay que comprar las computadoras".

La M. en C. Guadalupe Díaz Tepepa obtuvo su grado de maestría en ciencias (Investigaciones Educativas) en el Cinvestav. Realiza su programa de doctorado en la Universidad de Navarra, España.

La gente afuera paraba la oreja para alcanzar a oír a la maestra cuando nos explicaba que el profesor Sánchez había regresado de Estados Unidos y había conseguido que una Fundación nos pagara la mitad de las computadoras. La maestra nos informó que la única condición que nos ponía esa Fundación era que la escuela las comprara en el otro lado, y que ya hasta estaban apalabradas con el distribuidor gringo. Lo único que faltaba era nuestra parte.

Miré las nuca de todos los que estaban delante de mí. Casi todas se mecían. Seguro pensaban como yo "hay que comprarlas". La maestra se levantó de su silla y puso sus manos en la mesa, nos miró a todos a través de sus lentes verdes ovalados y dijo:

—A ver. Entonces cómo le vamos a hacer?

Apenas me empezaba a voltear para ver a los de atrás cuando escuché a mi lado a Josefa que decía "yo, yo...yo", y levantaba su mano para que la viera la maestra. Josefa dijo que para conseguir todo el dinero hiciéramos algo, por ejemplo, rifar una buena vaca, que todos podríamos vender boletos y les repartiríamos también a los muchachos, al fin que "es cosa nada más de saber cuánto nos cuesta la vaca y ver cuantos boletos necesitamos hacer". Eso me pareció que era una idea, no muy buena, pero con todo, una idea. Porque a mí eso de andar vendiendo boletos y andar viendo caras la verdad no me gusta, pero aunque no dije nada, ni necesidad hubo porque Pancho ya estaba proponiendo que mejor hiciéramos un baile en el salón de actos del municipio y como que la gente se animó. Unos decían que con un grupo musical de renombre para atraer a los de Ozumba y a los de Tepetlixpa y juntar así más dinero, otros veían que no era necesario echarse un compromiso tan grande, que con un baile como los organizados por el presidente municipal era suficiente. Otros, como Felipe platicaban sobre las bebidas que dejarían más ganancia. Algunos más comenzaron a opinar que si mejor en sábado o si en domingo, que si empezara en la tarde o de plano ya en la noche. A mí también me gustó la idea del baile porque matábamos dos pájaros de un tiro: ya teníamos tiempo sin un baile aquí.

Tardó un poco en apaciguarse el barullo para que todo el pastel se desinflase. Cuando todo el mundo estuvo callado, la maestra dijo que no se podía hacer el baile porque el salón de actos iba a ser remodelado y que las obras empezarían en pocos días. La autoridad así se lo había hecho saber el día anterior cuando fue a tratar lo de los empadronamientos con ellos. Todos nos quedamos callados un rato, el gozo se nos vino abajo de golpe.

Desde afuera Doña Chole asomó su cabeza por una ventana y preguntó: "Oiga, y por qué no organizamos un jaripeo?". Y antes de que la maestra le contestara se siguió hablando, viéndola a veces a ella y a veces a todos los demás que estábamos en el salón. Dijo que en Ozumba se había hecho uno para ayudar a las obras de la iglesia y que estuvo muy bonito; que las suertes con los caballos, el lazamiento de las vaquillas y las demás charrerías entusiasmaron mucho a la gente.

"Claro —dijo, mirando el suelo—" "también salió triste al final, porque apenas acabando el jaripeo un toro allá en los rediles mató a un muchacho que se acomedia a subirlos a los camiones." "¿Y para qué quiere que aquí nos pase algo así Doña Chole?", le dijo Pedro medio alarmado desde una esquina de la mesa, quien este año se hacía cargo de la Sociedad de Padres de Familia. Doña Chole lo paró y nos dijo:

—No. No. Déjenme terminar.

Y la dejamos terminar, por eso nos enteramos que luego hicieron otro jaripeo para sacar dinero que sirvió para que la madre del muchacho difunto juntara algo de dinero para el funeral. Chole conocía a ese chamaco que se murió porque fue su alumno en la primaria, y dijo que fue a decirle al síndico que debían ayudar a la familia del chamaco. El síndico habló con la asociación de charros y los ayudaron con unas vaquillas y una banda de música y así organizaron el jaripeo. Dijo Chole que la mamá y la esposa del difunto cobraron las entradas, que la gente se portó generosa cuando las señoras entraron a agradecer y pasaron con su rebozo, que hubo mucho acomodamiento.

"Yo -nos siguió contando muy animosa- puedo hablar con la asociación de charros de Ozumba, y pedirles que participen. No se me negarán porque ya me conocen. Además, yo me comprometo a conseguir un toro, no muy grande, para que no dé problemas y no muy viejo para que todavía nos divierta y medio manso para no tener accidentes. Y si es necesario le cortamos las puntas de los cuernos".

Y otra vez, todos comenzaron a hablar al mismo tiempo: que si era conveniente el jaripeo, que donde se haría mejor, que si a medio día o en la mañana, que si no sería peligroso, que si vender comida y cerveza o sólo cerveza, que si esto o que si lo otro. Yo, mientras, pensaba en qué podría ayudar. Pero luego me dí cuenta que lo mejor sería nomás presentarme el día que se hiciera. Una voz de mujer que salió de un grupito de padres y madres que estaban por allá atrás, resaltó entre el ruido de voces y dijo que no era negocio porque tendríamos que hacer no sé cuántos boletos y darlos a no sé cuánto, que de eso saldría nada más no sé cuánto. Y, además, que si diéramos los boletos a no supe cuánto más, entonces nadie vendría porque resultaban muy caros y que en esas condiciones no valía la pena porque apenas si quedarían ganancias. Que saldría tan mal como si en vez de toro y charros alquiláramos sólo una vaquilla y se invitara a los hijos de los charros, que de charros ya no tienen nada.

Ya para entonces la maestra Amelia se había sentado y luego de ver que la situación no salía, se volvió a levantar y nos llamó a ser generosos con la escuela, porque a la gente generosa nunca le falta. Ella ha sido generosa con la escuela y gracias a Dios no le falta. Nos pidió que pensáramos si acaso era más valioso gastar el dinero muchas veces en puras cochinas inútiles o en la preparación de nuestros hijos para enfrentarse al mundo. Y ya le rabiaba la voz; nos dijo: "O se tiene voluntad de cooperar o no se tiene".

Entonces Pedro tomó la palabra y dijo que si ya en otras ocasiones le habíamos hecho frente a otras necesidades con cooperaciones semanales, por qué no lo hacíamos también esta vez. Nos dijo que él había hecho cuentas y que con diez mil semanales por cada alumno inscrito en clases de

computación saldríamos del compromiso en dos meses.

-Ya está ahí una propuesta -nos dijo la maestra señalando a Pedro-, pero por qué no vamos más allá.

Propuso que no sólo cooperaran los inscritos, sino todos los alumnos porque si no era ahora más adelante también harían uso de las máquinas, con la ventaja de que así quedarían pagadas en un mes. Ya ninguno nos quedamos pensando nada. Casi todos dijeron que allí mismo se comenzarían a dar y a registrar las contribuciones. Ya nos íbamos formando en filas para que nos anotaran en la mesa cuando Felipe agregó "yo nomás, perdón, tengo una pregunta: vamos a cooperar desde ahora o desde cuándo?". Su mujer lo jaló a una fila para que no se notara que se le habían pasado las copas. Pero él muy dispuesto fue el primero en dar la cooperación. Casi todos lo hicieron, y muy rápido. Luego volvieron a sus lugares. El calor del domingo se dejaba sentir cada vez más en el salón.

Días después se anunciaron los cursos de cómputo en la sala que se instaló en un salón de la presidencia municipal. Desde entonces, todo el día los alumnos de la escuela entran y salen de ese salón.



Guillermo Fernández de Castro

Suscríbese a :

AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Suscripción anual (6 números)

México: N\$ 30.00

Norte y Centroamérica: \$ 20 US dólares

Europa y Sudamérica: \$ 30 US dólares

Nombre: _____ Tel. _____
Domicilio: _____ C.P. _____
Colonia: _____ Delegación _____
Ciudad: _____ Estado _____

Cheques y Giros Postales (Administración de Correos 14)
a nombre del CINVESTAV.

CAMBIO DE DOMICILIO:

Envíenos su nueva dirección a:

Avance y Perspectiva, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México D.F.
o llámenos al Tel/Fax 752 74 43, Tel. 754 02 00 Ext. 2536

CUPON DE CORRECCION:

Nombre: _____ Tel: _____

Domicilio: _____ C.P. _____

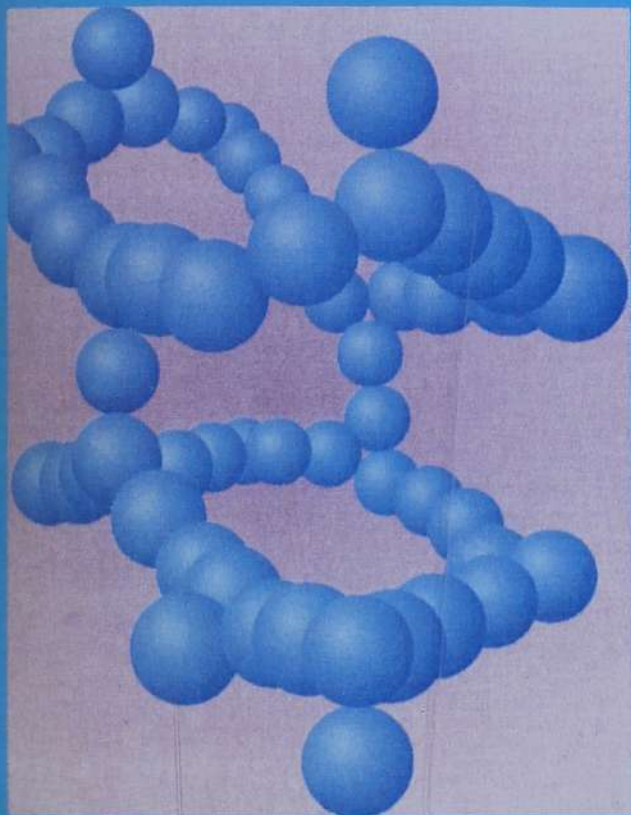
Colonia: _____ Delegación: _____

Ciudad: _____ Estado: _____

COMENTARIOS: _____

FIRST USA MEXICO SYMPOSIUM ON THE PHYSICS OF COMPLEX FLUIDS

SAN LUIS POTOSI, S.L.P., MEXICO
July 25-30, 1993



TOPICS:

- Colloidal Structure and Interactions
- Ordering in Colloids
- Dynamics of Colloidal Dispersions
- Powders, Plastics, Mineral Processing, and Fluidized Beds
- Foams and Liquid Films
- Complex Polymers
- Polymer Solutions
- Shear Flow Effects
- Rheology
- Adhesion
- Emulsions and Vesicles
- Shape and Topology of Membranes
- Protein Structure
- Liquid Crystals

Organizers:

P. Pincus
Materials Department
College of Engineering
UCSB
Santa Barbara, CA 93100
USA
Tel. (805) 893 4685
Fax. (805) 893 8502

M. Medina-Noyola
Instituto de Física
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Alvaro Obregón 64
San Luis Potosí, S.L.P. 78000
MEXICO
Tel. 52 (48) 17 31 53 and 13 75 57
FAX: 52 (48) 13 38 74

50

aniversario

**SOCIEDAD
MATEMATICA
MEXICANA**

30 DE JUNIO

Celebración del quincuagésimo aniversario
de la Sociedad Matemática Mexicana

15 AL 27 DE AGOSTO

México D.F. y Guanajuato, Gto.
XI Escuela Latinoamericana de Matemáticas

11 AL 19 DE SEPTIEMBRE

VIII Olimpiada Iberoamericana de Matemáticas

10 AL 16 DE OCTUBRE

Morelia Mich.
XXVI Congreso Nacional de la SMM

NOVIEMBRE

VII Olimpiada Mexicana de Matemáticas

1 AL 5 DE DICIEMBRE

Mérida, Yucatán.
Reunión conjunta de la American Mathematical
Society y la Sociedad Matemática Mexicana

