

X aniversario
Avance y Perspectiva
XXX aniversario
CINVESTAV



AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 10, Julio-septiembre de 1991

México ISSN 0185-1411

Distribución gratuita

¿Fusión superficial?

**En el umbral
de la terapia
génica**



**El mundo
químico que
nos rodea**



EL DEPARTAMENTO DE FISILOGIA, BIOFISICA Y
NEUROCIENCIAS DEL CENTRO DE INVESTIGACION Y DE
ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITECNICO
NACIONAL

OFRECE:

**Programa de Maestría y Doctorado en
FISIOLOGIA, BIOFISICA Y NEUROCIENCIAS**

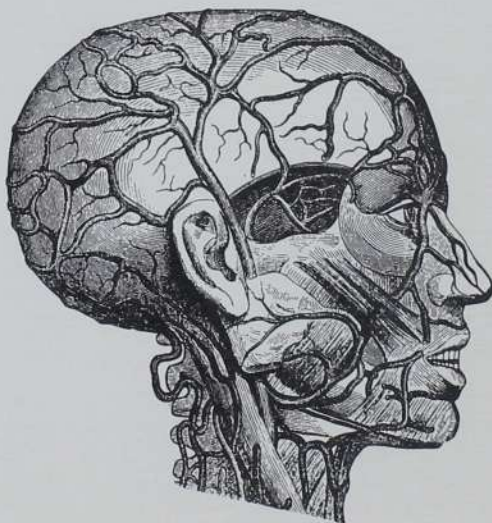
REQUISITOS DE ADMISION

1. Estudios profesionales completos (examen profesional ya realizado o por realizarse antes de seis meses), o Maestría.
2. Promedio mínimo de 8 (ocho), en los estudios profesionales.
3. Presentar una solicitud completa y los documentos pertinentes (copias del acta de nacimiento, certificado de estudios profesionales, dos cartas de recomendación de profesores del solicitante y tres fotografías tamaño infantil).
4. Entrevista con personal Académico del Departamento.

BECAS

Los aspirantes que sean admitidos recibirán el apoyo departamental para el trámite ante el CONACYT. Los interesados en ingresar en 1992 deberán comunicarse a la brevedad posible con la Coordinación Académica del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias CINVESTAV.

*Avenida Instituto Politécnico Nacional No. 2508.
Delegación Gustavo A. Madero
CP 07000, México, DF.
Apartado Postal 14-740
Tel. 754 02 00, extensión 5186*



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados
del IPN
CINVESTAV

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Julio G. Mendoza Álvarez
Editor: Miguel Ángel Pérez Angón
Editor Asistente: Carlos Chimal

Consejo Editorial

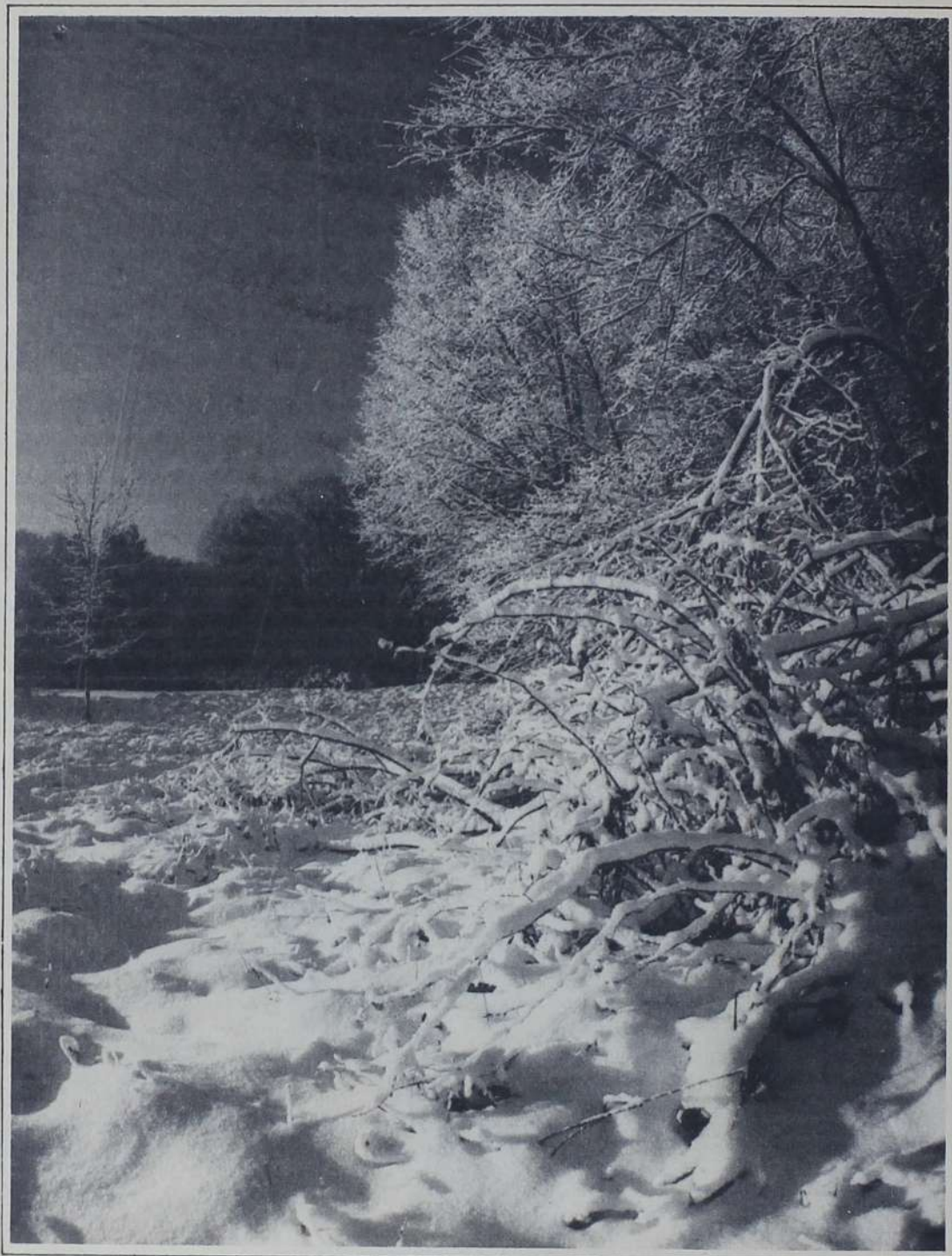
René Asomoza,
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Marcelino Cerejido,
Departamento de Fisiología, Biofísica
y Neurociencias
Rosalinda Contreras,
Departamento de Química
María de Ibarrola,
Departamento de Investigaciones
Educativas
Rolando García B.,
Sección de Teoría y Metodología
de la Ciencia
Rubén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

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

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a julio-septiembre de 1991, volumen 10, se terminó de imprimir en agosto de 1991. El tiraje consta de 6,000 ejemplares. *Editor responsable:* Miguel Ángel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016-0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Multidiseño Gráfico, S. A. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el primer número (enero-marzo) de cada volumen. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

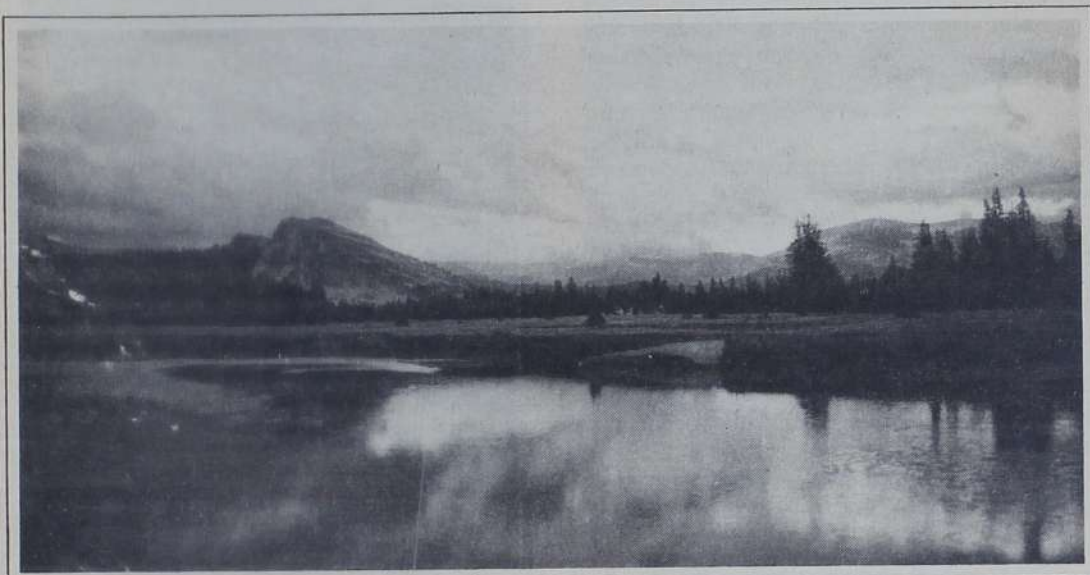
Sumario
Vol. 10, julio-septiembre de 1991

¿Fusión superficial?	
Francisco Mejía Lira y José Luis Morán López	179
El mundo químico que nos rodea	
Eusebio Juaristi	185
En el umbral de la terapia génica	
Rubén López Revilla	197
Avances de ciencia y tecnología	
Terapia génica: Hemofilia en una familia de tantas	
Raymundo Méndez Canseco	205
Perspectivas	
El desarrollo de la ciencia y la tecnología en México	
Arturo Morales Acevedo	207
Perspectivas de la investigación educativa en México	
Trayectoria y perspectivas de la historiografía de la educación mexicana (1877-1940)	
Susana Quintanilla	212
Evaluación institucional y procesos de legitimación	
Josefina Granja Castro	221
La investigación en didáctica de la matemática: un problema actual	
Irma Fuenlabrada	226
Noticias del Centro	
231	
Documentos	
Magdaleno Medina Noyola: la excelencia como norma cotidiana	
Héctor O. Nava Jaimes	238
El científico joven, vínculo entre generaciones	
Magdaleno Medina Noyola	241
Libros y revistas	
Neuronas, Reflejos y Robots, Revista Ciencias de la FC-UNAM	
Pablo Rudomín	244
The disciplinary shaping of the profession de Tony Becher	
Rebeca Reynoso Angulo	249
Física al amanecer: diez años de aventura de Candelario Pérez Rosales	
Francisco Mejía Lira	253
Matices	
Madrid... Tomas callejeras	
Jorge Hernández R.	256
Espacio Abierto	
Panespermia dirigida	
Octavio Paz	257
Portada	
Michael Faraday (1791-1991)	



¿Fusión superficial?

Hace 150 años, Michael Faraday formuló las bases de un tema controversial: ¿por qué al presionar nieve húmeda se puede formar una bola sólida mientras que esto no sucede con arena húmeda?



Francisco Mejía Lira y José Luis Morán López

*Al ser destapado por el gigante,
el cofre dejó escapar un aliento glacial.*

G. García Márquez, *Cien Años de Soledad*

Recuerdos del hielo de Macondo

El momento en el que José Arcadio Buendía quedó deslumbrado por el hielo, el cual le hizo pensar

Los doctores Francisco Mejía Lira y José Luis Morán López son profesores investigadores del Instituto de Física de la UASLP, Lateral Diagonal Sur, zona universitaria, 78240 San Luis Potosí. Ambos son físicos egresados de la misma UASLP y obtuvieron su grado de maestría en ciencias (Física) en el Cinvestav. El Dr. F. Mejía Lira obtuvo su doctorado en el Cinvestav, mientras que el Dr. J.L. Morán López en la Universidad Libre de Berlín. El campo de investigación de ambos es el estudio teórico de la física de superficies. El presente artículo forma parte de un libro de divulgación sobre este tema que será publicado en la serie *La ciencia desde México* del Fondo de Cultura Económica.

que se trataba del diamante más grande del mundo,¹ debió grabarse para siempre en su mente inquisitiva. Sabemos que su inteligencia transitaba por parajes extraños a los demás habitantes de Macondo y era capaz de mantener con encono el esfuerzo hasta desatar hallazgos como aquel que anunció frente a la familia reunida para el almuerzo: "La Tierra es redonda como una naranja". La crónica no nos cuenta si alguna vez José Arcadio volvió a pensar en el hielo. ¿Qué quedó en sus meditaciones del contacto de su mano con aquella superficie fría? El aliento glacial que brotó cuando el gigante que lo cuidaba abrió el cofre no nos dice si el bloque cristalino se reducía paulatinamente y si, tarde o temprano, los gitanos se encontraron sin su tesoro. Cuando se abre el volumen de *Cien Años de Soledad* casi se siente cómo lo abrasa a uno la atmósfera tórrida en la que viven los personajes. Mantener una temperatura bajo cero para

que el bloque durara, era muy probablemente una tecnología ajena a la tribu de gitanos: el hielo se estaba fundiendo continuamente.

La mantequilla y los *hot cakes*

El término *fusión superficial* es confuso. Durante un desayuno en el que caímos en el tema, un amigo adoptó una actitud pedagógica y partiendo una gruesa rebanada de mantequilla la depositó sobre unos *hot cakes* recién servidos. Mientras nos miraba con ojos de ¿lo ven? a los demás comensales, su dedo índice apuntaba a la pila de *hot cakes* coronada por la rápidamente maltrecha rebanada. La sabia mirada y el índice imperturbable decían, al buen entendedor y sin palabras, que lo primero que se fundía era la superficie. Con una lección de tal categoría hay que pasar por una lucha interna antes de decir que no, que ese no es el fenómeno de fusión superficial, que al menos no es a lo que nos referíamos, que el fenómeno que queremos describir con ese nombre es mucho más sutil, que tiene que ver más con hacer una bola de nieve que con ensopar unos *hot cakes* con mantequilla fundida.

En Macondo no hay bolas de nieve

El proceso de tomar pequeños fragmentos y compactarlos para formar un cuerpo sólido se denomina *sinterizado*. Es, tal vez, una definición simplificada que justificadamente nos pueden reprochar los metalurgistas. Es un proceso de gran importancia técnica, en especial en la formación de cuerpos cerámicos y en metalurgia. No es un cambio de fase, sino una reconstrucción del sólido a partir de pequeños cristallitos. Aquí aplicamos esa definición a la formación de una bola de nieve en manos de un niño que sale a jugar después de una gran nevada en un clima completamente ajeno a Macondo.

Se trata de un tema controversial. Hace siglo y medio, Michael Faraday registró en su cuaderno de notas sus primeras observaciones acerca de un fenómeno al que le dedicaría trabajo durante los siguientes veinte años.² En esas notas se pregunta por qué al presionar nieve húmeda se puede formar una bola, mientras que si se hace lo mismo



con arena húmeda, la formación se desbarata; y por qué al juntar dos bloques de hielo y envolverlos en una pieza de franela se produce un solo bloque.³

Michael Faraday

A riesgo de violentar la comparación, cuando Gabriel García Márquez describe la mente de José Arcadio Buendía nos hace recordar a Michael Faraday. La familia Faraday se mostró sufiamente orgullosa cuando a Michael, a los trece años, lo ascendieron a aprendiz de encuadernador. Curioso, con insaciable deseo de conocimiento leía casi todos los libros que le tocaba encuadernar. Un día se topó con un libro de química. Faraday no sólo repitió todos los experimentos del libro sino que los interpretó correctamente. Con ese libro prendió en él una gran pasión por la química. Sus grandes capacidades deslumbraron a Humphry Davy, quien lo llevó al *Royal Institute* (perteneciente a la *Royal Society* de Londres) a trabajar como asistente de laboratorio. Poco tiempo después, Davy lo invitó a acompañarlo en un viaje por el continente euro-

peo. Durante este viaje, en Florencia, Davy y Faraday comprobaron que los diamantes no son sino carbono mediante un procedimiento en el que quemaron uno de esos cristallitos mágicos.

Pensar para la posteridad

Faraday hizo experimentos que lo convencieron de que sobre el hielo había una película microscópica de líquido. Esta película, en equilibrio con el sólido, se presentaría desde temperaturas inferiores a la temperatura de fusión y, además de explicar el sinterizado, sería la razón del bajo coeficiente de fricción del hielo. Sin embargo, otros contemporáneos no se convencieron. James Thomson, hermano de Lord Kelvin, decía que la sinterización del hielo se debía a una reducción de la temperatura de fusión ocasionada por el aumento de presión en los puntos de contacto. De esta manera uno presionaría dos bloques de hielo y, aún abajo de la temperatura de fusión se podría formar líquido que solidificaría rápidamente, actuando como "soldadura". Esta teoría, formulada casi veinte años después de que Faraday anotara sus primeras ideas, fue la que prevaleció por largo tiempo. Con ella se pretendía explicar no sólo la sinterización del hielo, sino también su bajo coeficiente de fricción.

Todavía en la mitad del siglo XX se encontraba en los libros de texto la siguiente explicación del bajo coeficiente de fricción: "Al patinar, la presión ejercida por el patín licúa el hielo y el líquido así formado actúa como lubricante". Ciertamente, la presión puede hacer que la temperatura de fusión cambie. Sin embargo, ¿cuánto baja la temperatura? El peso de un adulto normal bajará la temperatura de fusión ¡un décimo de grado! Así, si la temperatura es muy inferior a cero grados centígrados el efecto de la presión no jugará ningún papel.

Cuando fue evidente que las explicaciones de Thomson no funcionaban, se empezaron a considerar otras posibilidades. Allá por los años treinta del presente siglo se presentó la proposición de que el bajo coeficiente de fricción que permite el fácil deslizamiento de los patinadores sobre el hielo se debía a una película líquida generada por el calor proveniente de la fricción. Sin embargo, los ex-

perimentos han demostrado que, si bien es cierto que la fricción puede jugar un papel en ciertos casos, no puede explicar otros efectos superficiales en el hielo. Por ejemplo, la fricción no tiene nada que hacer en el caso de la sinterización.

Por los años cincuenta era claro que las explicaciones prevalecientes no funcionaban, y se empezaron a revisar los conceptos de Faraday. Cada vez es más claro que las ideas de Faraday son básicamente correctas: muchos materiales presentan una película superficial (¿líquida?) a temperaturas inferiores a aquella en que se funde el material. El orden en esa película microscópica es distinto del que se mantiene en el resto de las capas atómicas del sólido, pero no es exactamente el mismo que se observa en un líquido. Esto se debe a que los átomos superficiales "sienten" el orden de las capas inferiores y no pueden estar completamente ajenos a él: alguna memoria sobrevive del estado de orden. Se ha acuñado el término *cuasilíquido* para describir este estado.

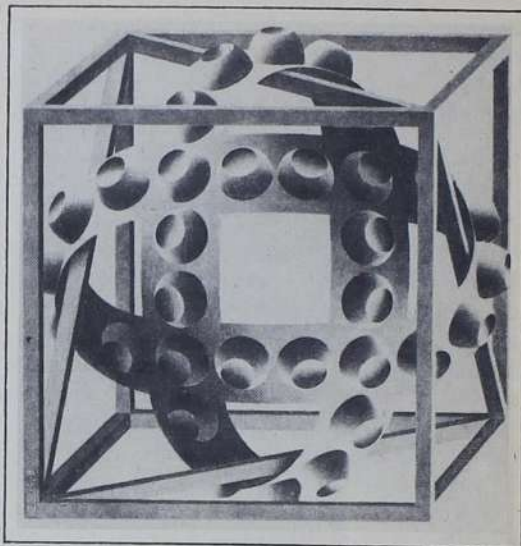
La superficie: un defecto mayúsculo

Cuando un material se funde, la fase líquida crece a expensas de la fase sólida. El paso de sólido a líquido debe haber sido uno de los primeros cambios de fase observados. Durante mucho tiempo se pensó que estaba completamente explicado. Sin embargo, ahora resulta que aún hay muchas cosas por entender. Los expertos nos hablan de un proceso de *nucleación* que consiste en el crecimiento de la fase líquida alrededor de los defectos del sólido: dislocaciones, átomos colocados fuera de la ordenada red (intersticiales), lugares donde falta un átomo (vacancias), impurezas, etc. La superficie se considera un gran defecto a partir del cual se produce también la nucleación de la fase líquida. Pero, insistimos, el término fusión superficial no se refiere a esta nucleación que se produce a la temperatura de fusión del sólido, sino a la formación de la película de cuasilíquido presente desde temperaturas más bajas. De esta manera, el concepto de la superficie como un defecto tiene dos sentidos: primero, el enorme que significa terminar el sólido y, segundo, la película con orden distinto que está presente desde tempera-

turas inferiores. La película de cuasilíquido es más relevante para la nucleación y, además, permite explicar por qué no se puede sobrecalentar un sólido mientras que sí se puede sobreenfriar un líquido. Esto último quiere decir que si bajamos muy lentamente la temperatura podemos mantener el estado líquido hasta temperaturas inferiores a aquella en la que se produce la solidificación. Este es un ejemplo de estado metaestable, como el de los diamantes, que no son la forma estable del carbono a las presiones en que vivimos; los líquidos superenfriados no están en estado de equilibrio. Si sigue bajando la temperatura se llega a un punto de inestabilidad y, sin remedio, el líquido se solidifica. La inclusión de una fracción sólida en el líquido metaestable lo lleva de inmediato a la fase sólida. El sólido crece alrededor de esa "semilla". Podría pensarse que, una vez que se tiene el sólido, se puede aumentar paulatinamente la temperatura y mantener la fase sólida más allá del punto de fusión. Sin embargo, puesto que desde antes de ese punto de fusión aparece la película de cuasilíquido, se tiene ya la semilla a partir de la cual la fase líquida crecerá: el sólido no se puede sobrecalentar.

¿Complicado el hielo?

El hielo es un material complicado y para estudiar la fusión superficial se usan materiales más sencillos. El plomo, por ejemplo. El proceso para tener una buena superficie es complicado. Primero hay que garantizar que se tiene un buen trozo del metal con sus átomos bien acomodados, un monocristal. Cortes en diferentes direcciones dan diferentes estructuras atómicas superficiales. La fusión es distinta dependiendo de qué tan empaquetados queden los átomos en las capas superiores. La película de cuasilíquido se presenta a temperaturas menores para superficies menos empaquetadas. Una vez producida la superficie deseada hay que limpiarla. Inicialmente se hace una limpieza con sustancias químicas, luego se aplica un ciclo de dos pasos: primero se bombardea con iones de argón en ultra alto vacío y después se mantiene el sistema a 317°C por una hora. El ciclo se repite hasta que la espectroscopía Auger ya no detecta impurezas y la difracción de electrones de baja energía (conocida con las siglas en inglés LEED) muestra una superficie bien ordenada.



Vivir bajo protección⁴⁻⁷

Imaginemos un cristal perfecto, como el que se representa en la figura 1a. Enviemos un haz de protones con energía fija que viaja en dirección paralela a una fila de átomos. Encontraremos que buena parte de los protones "se reflejarán" al rebotar en los átomos de la primera camada e irán a parar a un detector que capta sólo aquellos que salen en la dirección de "reflexión". Los átomos que se encuentran "a la sombra" de los de la superficie rara vez son golpeados por protones. Algunos proyectiles lograrán pasar a las capas inferiores pero al salir rebotados hacia la superficie perderán energía debido al "bloqueo" de las capas superiores.

La gráfica del número de protones colectados por el detector aparece en la parte inferior de la fig. 1a: hay un pico formado por los protones que fueron rebotados en la primera capa y que salen prácticamente con la misma energía con la que fueron enviados; luego hay contribuciones, a energías menores, de los protones que rebotaron más adentro. Al aumentar la temperatura, los átomos superficiales se mueven de sus sitios y ya no amparan a los átomos inferiores. Ahora los protones pueden pegarse a todos los átomos que se han descubierto (fig. 1b), pero al llegar a donde prevalece el orden encuentran nuevamente individuos que tienen "bajo su sombra" a los que están más

abajo. Aunque los protones hayan podido penetrar más capas pierden energía por el bloqueo que sufren al salir. Por eso la gráfica del proceso (parte inferior de la fig. 1b) muestra una meseta que representa la parte de desorden superficial. Si más capas se desordenan la meseta se extenderá a energías menores. Estas son las predicciones. Veamos qué dice el experimento.

La temperatura de fusión del plomo es 327.5°C. El montón de crucecitas que se ven en la parte superior de la figura 2 es la meseta que se produce a la temperatura que está un décimo de grado sobre la de fusión. Por el contrario, los círculos se obtienen a una temperatura menor que la de fusión (327.3°C). Se trata de una meseta que se extiende hasta unas veinte capas atómicas, que corresponde al espesor de la película de cuasilíquido. Las mediciones restantes se obtuvieron a temperaturas bastante inferiores a la de fusión (287.8°C, 232.8°C y 21.8°C). Las curvas b y c (287.8°C y 322.8°C) muestran ya el efecto de la presencia de una película superficial. Además del plomo se han estudiado en otros materiales, como el aluminio.⁸ De los experimentos para plomo se concluye que, abajo de 227°C, la superficie estudiada está perfectamente ordenada, pero al pasar a temperaturas mayores se forma una película de cuasilíquido que a 287°C tiene tres capas de espesor. El número de capas atómicas en forma de cuasilíquido crece con la temperatura hasta que en el punto de fusión toda la muestra está en fase líquida.

Que hable la teoría

Los estudios teóricos para entender la física que subyace en los fenómenos de cambio de orden que arrancan de la superficie son de naturaleza muy variada. Se ha encontrado que la fusión superficial está emparentada con muchos otros procesos. Un ejemplo es el caso de superficies de aleaciones binarias ordenadas. En este caso tenemos una situación de orden en el bulto en la que los átomos de los dos metales constituyentes ocupan sitios perfectamente determinados a bajas temperaturas. Al calentar la aleación los átomos empiezan a cambiar sus sitios hasta que en la temperatura de transición de orden a desorden se ha

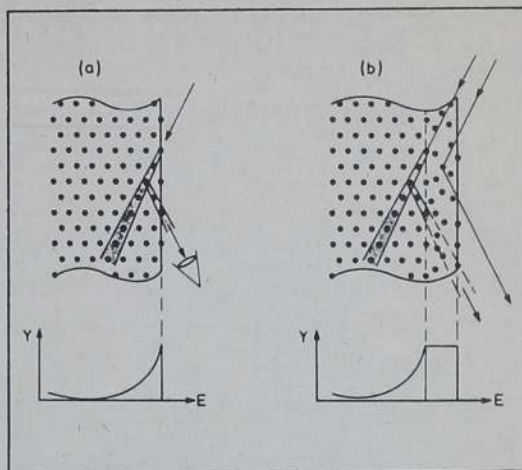


Figura 1. Cambios en la detección de protones al alterarse la superficie de un cristal perfecto. (a) Representa un sólido perfectamente bien ordenado. El haz de protones y el detector están alineados con las filas de átomos. El primer átomo de la fila tiene bajo su cobijo a los siguientes. En (b) hay una película de cuasilíquido. Los átomos que pueden ser alcanzados por los protones son los desubicados y los de la primera camada que aún está ordenada. La situación de (a) se repite a partir de los átomos de esa camada. Las gráficas inferiores representan las cantidades de protones detectados en cada energía.⁴

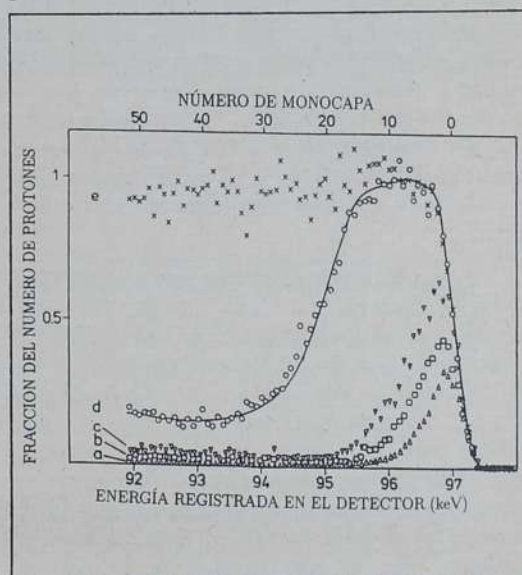


Figura 2. Gráficas de los registros en el detector a diferentes temperaturas de la muestra.⁴ La temperatura de fusión del plomo es 327.7°C y las curvas (normalizadas) fueron medidas a 22°C (a), 233°C (b), 288°C (c), 327°C (d) y 327.8°C (e).

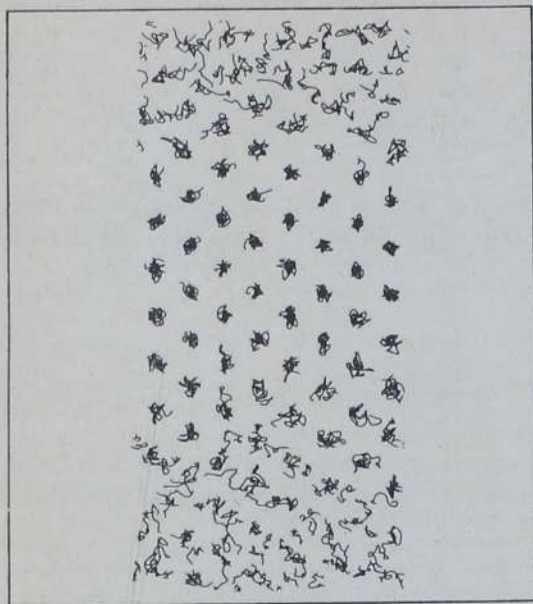


Figura 3. Simulación de un proceso de fusión superficial en una película delgada de plomo. Mientras los átomos del bulto aún mantienen sus posiciones, los superficiales se han desubiado (Cortesía de C.-Kim Ong).

perdido todo rastro de la asignación de sitios dada, a bajas temperaturas, a cada tipo de átomos. Hemos encontrado que, al igual que en la fusión superficial, la transición de orden a desorden puede ser inducida por la superficie.⁹ Unas cuantas capas aparecen desordenadas antes de que se alcance la temperatura de transición y, al aproximarse a ella, el número de camadas desordenadas va en aumento.

Otro tipo de estudios que se han realizado son las simulaciones. La figura 3 muestra el resultado de una simulación de fusión superficial para el caso del plomo. Se propone un potencial de interacción entre los átomos de la muestra de tal manera que se recuperen todas las características medidas para el material. En este caso estamos viendo lateralmente una fracción de la muestra simulada. En la dirección perpendicular al papel hay tantos sitios como los que contamos en la dirección horizontal. Hay dos superficies libres. Se supone que lo que sucede en este fragmento se repite en una muestra infinita en la dirección horizontal y en la dirección perpendicular (condiciones periódicas). Se deja evolucionar al sistema a diferentes

temperaturas y se registra la posición de todos los átomos del sistema a intervalos regulares. Las trayectorias de los átomos aparecen dibujadas en la fig. 3, obtenida a partir de cálculos realizados en una supercomputadora.

Ultima porra para Faraday

El 22 de septiembre de 1991 se cumplen doscientos años del nacimiento de Faraday. En este artículo hemos tratado de poner de manifiesto de qué manera sus ideas referentes a la fusión superficial anunciadas hace siglo y medio, son utilizadas y comprobadas en un tema considerado de actualidad en la física de superficies y fenómenos críticos. Aunque falta mucho por explicar acerca del fenómeno de fusión superficial es claro que las ideas de Faraday son básicamente correctas.

Agradecemos al Dr. Luis Vicente por proporcionarnos las referencias del artículo de Dash y del publicado por J. W. M. Frenken en *La Recherche*, y al Prof. C.-K. Ong por proporcionarnos, antes de su publicación, la figura 3.

Notas

1. Gabriel García Márquez, *Cien Años de Soledad*, 22a. edición, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, marzo de 1971.
2. Véase, por ejemplo, M. Faraday, *Proc. R. Soc. London*, **10**, 440 (1860).
3. J. G. Dash, *Contemporary Physics* **30**, 89 (1989). La historia de las ideas de Faraday se presenta en este trabajo. Incluye muchas otras referencias útiles y también se discute el tema de rugosidad superficial.
4. J. W. M. Frenken y J. F. van der Veen, *Phys. Rev. Lett.*, **54**, 134 (1985).
5. J. W. M. Frenken, *La Recherche*, **20**, 617 (1989).
6. J. W. M. Frenken, P. M. J. Marée y J. F. van der Veen, *Phys. Rev. B* **34**, 7506 (1986).
7. J. W. M. Frenken, B. Pluis y A. W. D. van der Gon, capítulo 16, pág. 455 en *Chemistry and Physics of Solid Surfaces VI*, editado por R. Vanselow y R. F. Howe, Springer-Verlag, Berlin, 1986.
8. A. W. D. van der Gon, R. J. Smith, J. M. Gay, D. J. Connor y J. F. van der Veen, *Surface Science* **227**, 143 (1990).
9. J. M. Sánchez, F. Mejía Lira y J. L. Morán López, *Phys. Rev. Lett.* **57**, 360 (1986).



El mundo químico que nos rodea

La tecnología química moderna, a siglo y medio de haberse iniciado, ha influido más sobre el progreso de la civilización que cualquier otra disciplina tecnológica.



Eusebio Juaristi

Elementos, compuestos, sustancias

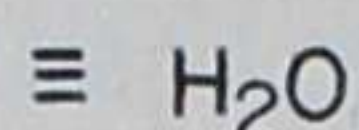
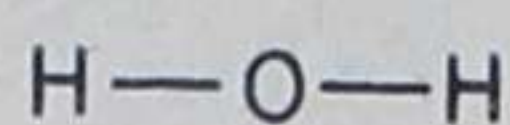
La ciencia química nació con el descubrimiento de los elementos (oro, cobre, arsénico, oxígeno, etcétera). Los químicos utilizan gases, líquidos y materiales sólidos para preparar sustancias útiles. Al hacerlo, combinan de golpe una gran cantidad de moléculas de ciertos compuestos para obtener nuevas sustancias, cuyas propiedades dependen

de la forma en que quedan estructuradas las moléculas que participan en las nuevas sustancias.

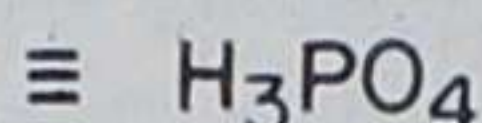
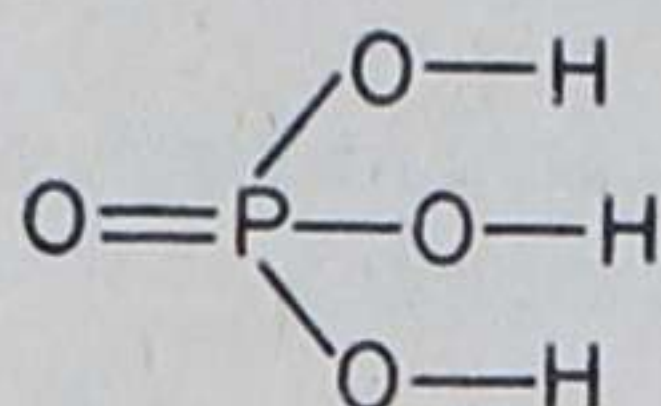
La química es la ciencia y la tecnología que se dedica a separar y unir los elementos químicos, de manera que unas moléculas se transformen en otras.

Es importante recalcar que las moléculas individuales dictan las propiedades y características de cada compuesto; así, el efecto analgésico de la morfina, el sabor de la hierbabuena, los colores vivos de las hojas en el otoño y las imágenes en las pantallas de televisión se deben a moléculas específicas que son responsables por esos efectos.

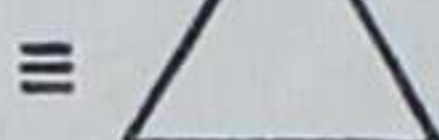
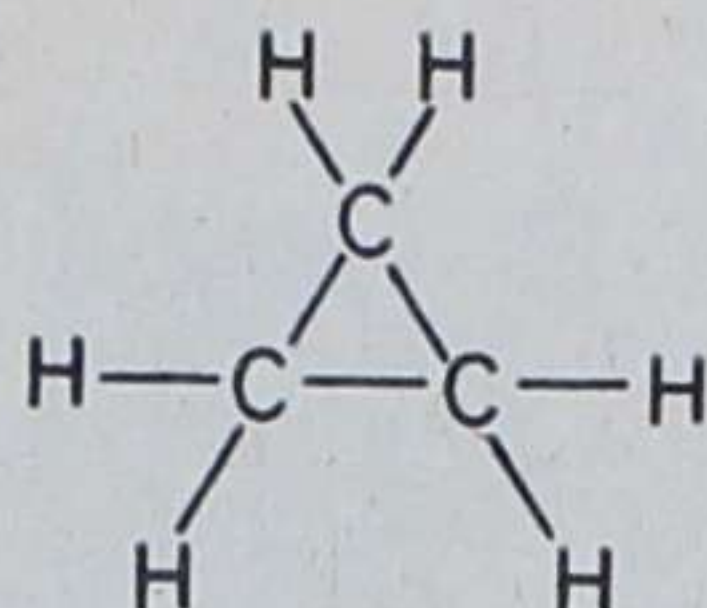
El Dr. Eusebio Juaristi es profesor titular del Departamento de Química del Cinvestav. Es químico egresado del ITESM y obtuvo su doctorado en la Universidad de Carolina del Norte. Su campo de investigación es la estereoquímica y el análisis conformacional en heterociclos orgánicos.



(agua)



(ácido fosfórico)



(ciclopropano)

Los químicos usan símbolos para representar los átomos, que son las unidades constitutivas de la materia. Las fórmulas estructurales se emplean para mostrar como se ordenan los átomos en las moléculas. En estas fórmulas, las líneas cortas indican los enlaces entre átomos. Cada clase de átomo posee cierto número de electrones que puede compartir con los otros átomos. Por ejemplo, los átomos de hidrógeno pueden formar un solo enlace sencillo, los átomos de oxígeno pueden participar en 2 enlaces sencillos o uno doble, y los átomos de carbono pueden dar lugar a 4 enlaces sencillos, 2 dobles enlaces, un enlace triple y uno sencillo, o cualquier otra combinación que sea equivalente a 4 enlaces sencillos.

Las fórmulas representan la mínima unidad que constituye a determinada sustancia. Los números pequeños que acompañan cada símbolo

indican el grado de participación de cada átomo en la partícula o molécula.

Para simplificar las fórmulas estructurales, los químicos han acordado que un átomo de carbono se considera como el final de una línea, a no ser que se indique otro átomo. Como cada átomo de carbono forma 4 enlaces y muchas veces se une al hidrógeno, los átomos de hidrógeno pueden dejar de indicarse, y corresponde al lector comprender que ahí están. Las moléculas pueden consistir de átomos enlazados como una cadena lineal o ramificada. Las moléculas también pueden consistir de átomos unidos para formar anillos como el ciclohexano o el benceno. En ocasiones, los químicos emplean el subíndice n para indicar que una porción (el monómero) de una molécula grande se repite n veces para dar lugar al polímero o molécula gigante.

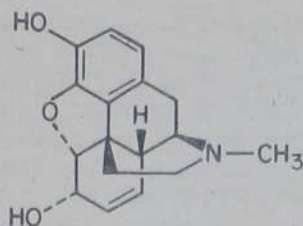
En la actualidad, gran parte de la actividad de los químicos tiene como objeto encontrar caminos para que los átomos se combinen y formen nuevas moléculas que satisfagan nuestras necesidades y resuelvan nuestros problemas cotidianos.

Un ejemplo que ilustra esta labor es el estudio llevado a cabo con la morfina, una sustancia que como se ha dicho, hace desaparecer el dolor pero tiene defectos que limitan su uso como fármaco, ya que puede inducir en el paciente afición a las drogas.

Ya desde hace más de 3000 años la gente usaba las semillas de la amapola para mantener a los niños calmados y para mitigar dolores y alteraciones mentales. Cuando la gente se preguntó qué

causaba los efectos observados, encontró primeramente que el opio era la sustancia presente en las semillas de la amapola con el poder relajante. Después (en 1803) los químicos extrajeron del opio un material cristalino que era el responsable de la actividad biológica del opio. Se le llamó morfina por referencia a Morfeo, el dios del sueño. Para 1847 ya se sabía que cada molécula de morfina posee 17 átomos de carbono, 19 átomos de hidrógeno, un nitrógeno y 3 átomos de oxígeno, y en 1925 los químicos encontraron cómo están conectados estos átomos entre sí para formar la molécula de la morfina.

En el transcurso de la determinación de la estructura de la morfina, los químicos la trataron con otros reactivos químicos que modificaron a la mo-



Morfina

lécua original. En estos cambios estructurales se obtuvieron fármacos mas efectivos y sin los daños asociados a su consumo.

La Química que nos permite vivir sanos

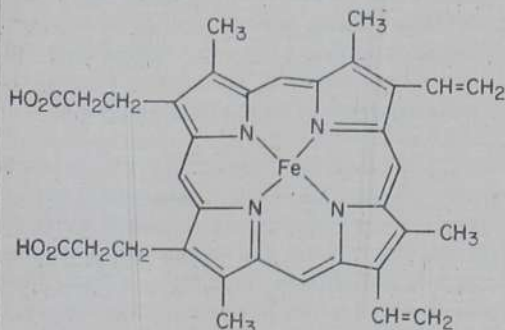
No para todos la salud es algo común y corriente. Aun en países ricos y bastante avanzados tecnológicamente, uno de cada 50 niños muere antes de cumplir su primer año de vida, y cada año un número enorme de personas sucumben a diversas enfer-

medades. Sin embargo, gracias a la química, han sido prácticamente eliminadas calamidades comunes a principios de siglo como eran la influenza, la pulmonía y la tuberculosis. Así, hace 100 años un joven de 15 años podía confiar razonablemente en llegar a los 50 pero ahora sus posibilidades promedio son de alcanzar 70 o más años de vida.

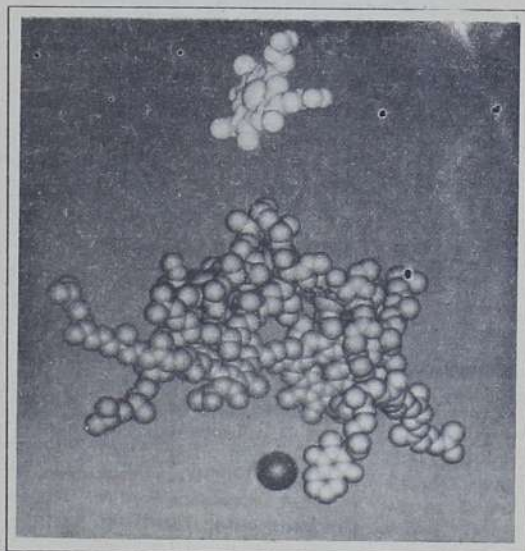
Una buena salud depende de un número extraordinario de reacciones químicas interdependientes. Sólo 4 elementos —el carbono, el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno— constituyen la materia prima que forma casi el 99% de las células y tejidos en nuestro cuerpo. Siete elementos adicionales integran casi en su totalidad el 1% restante. Por ejemplo, a pesar de que cada molécula de hemoglobina contiene 4 átomos de hierro, este elemento no equivale en peso ni a la milésima parte de nuestro cuerpo.

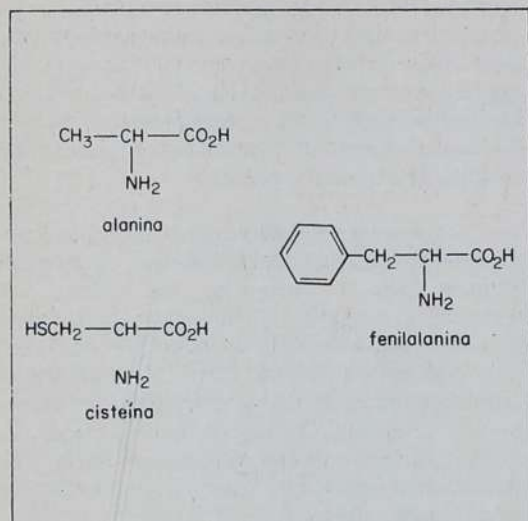
Este dato es sorprendente cuando se considera que la sangre que corre por nuestras venas y arterias contiene 220 millones de células rojas en cada gota de sangre, y cada célula contiene aproximadamente 333 millones de moléculas de hemoglobina.

Así pues, los átomos de los elementos que forman nuestro cuerpo se combinan de distintas maneras para producir un número enorme de las



Fragmentos de la hemoglobina.





Ejemplos de aminoácidos.

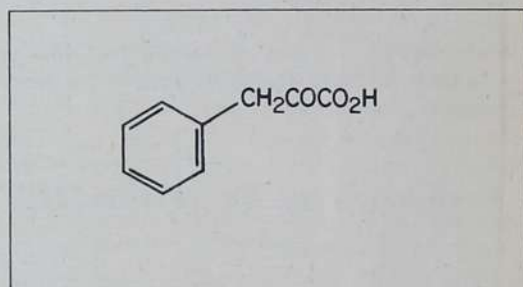
diferentes clases de moléculas que participan en la química que ocurre en nuestro organismo. Nuestra salud requiere de que todas esas moléculas trabajen en conjunto, desarrollando sus funciones particulares.

Las proteínas son moléculas muy complejas, resultantes de la múltiple combinación de 20 moléculas más simples: los aminoácidos. Cada ser viviente posee un conjunto único de proteínas, y cada proteína requiere de un número específico de los aminoácidos básicos que se unen sólo de ciertas maneras.

El exceso o la falta de un aminoácido puede desbalancear nuestro organismo. Existe una enfermedad en la que la piel y el cabello pierden su coloración, el cuerpo desprende un olor desagradable, y tanto el sistema muscular como el cerebro se atrofian. Cuando A. Folling, un médico noruego, atendió a 2 niños que presentaban esta enfermedad, notó que su mal olor corporal también se presentaba en la orina. Al usar una solución de cloruro férrico, FeCl_3 , buscando evidencia de diabetes, en lugar de obtener el color café-rojo esperado, encontró un color verde brillante, causado por una sustancia no presente en orina normal. La siguiente etapa consistió en encontrar la composición química de dicha sustancia; es decir, determinar la es-

tructura de las moléculas presentes en la extraña sustancia.

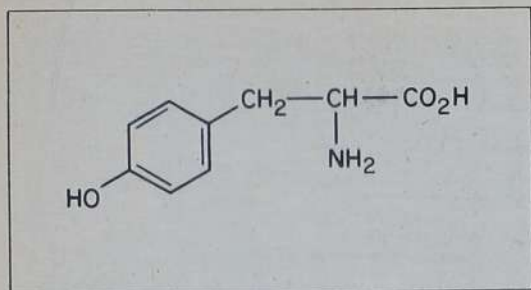
Al quemar un poco de la sustancia desconocida, sólo se produjo agua y dióxido de carbono (CO_2). Este resultado le indicó a Folling que la sustancia estaba constituida por carbono, hidrógeno y tal vez oxígeno. Al pesar cuidadosamente una muestra de la sustancia y de los productos obtenidos después de quemarla, encontró que cada molécula contenía 9 carbonos, 8 hidrógenos y 3 átomos de oxígeno. O sea que la fórmula mínima de cada molécula se puede representar como $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_3$.



Ácido fenilpirúvico.

El siguiente paso fue encontrar cómo los 20 átomos estaban conectados en la molécula. Para lograrlo la sustancia fue tratada con reactivos químicos que rompieron la molécula en pedazos que pudieron ser identificados. Eventualmente, Folling concluyó que la sustancia problema era el ácido fenilpirúvico. Efectivamente, una muestra auténtica del ácido fenilpirúvico y la extraída de la orina de los niños mostraron las mismas propiedades, como por ejemplo el mismo punto de fusión.

La presencia del ácido fenilpirúvico en la orina de los pacientes indicó que el cuerpo no era capaz de procesar un aminoácido: la fenilalanina. Estudios adicionales mostraron que esta incapacidad de procesar la fenilalanina era hereditaria, al transmitir los padres a sus hijos una deficiencia genética en la que el gene faltante es el responsable de que el hígado produzca la enzima que degrada a la fenilalanina. Afortunadamente, se pueden diseñar dietas que eliminen este aminoácido del alimento de personas con esta enfermedad; de modo que si se detecta a tiempo, se pueden minimizar sus efectos dañinos.



Tirosina.

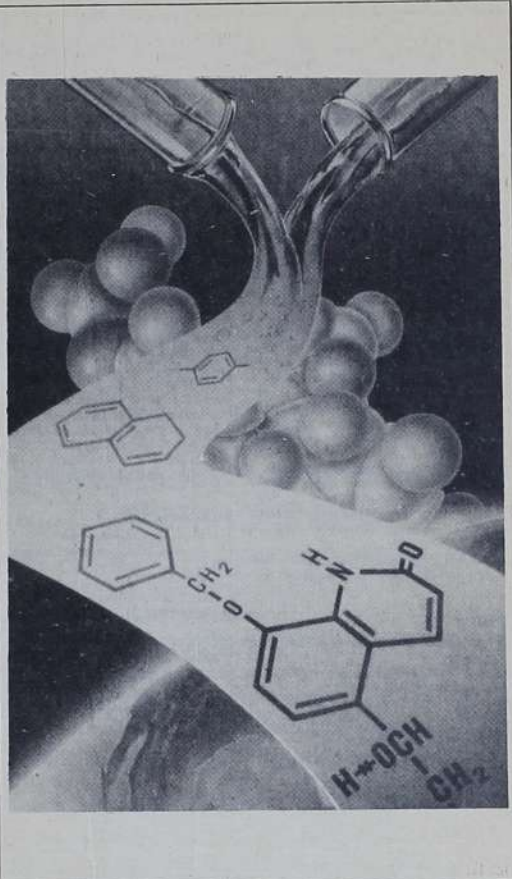
La gente que no puede metabolizar fenilalanina tampoco desarrolla una coloración normal de la piel o el cabello. Esto se debe a que, por la interrelación que existe entre muchos procesos biológicos, al no transformar el organismo a la fenilalanina, no genera tirosina que a su vez permite la formación de la melanina, el pigmento que da color a la piel y al cabello.

La Química que ocurre cuando nos alimentamos

En el mundo dinámico y siempre cambiante de células y tejidos, los alimentos proveen la materia prima necesaria para la formación de nuevas moléculas o la sustitución de moléculas "gastadas" o en reproducción. Para el crecimiento y funcionamiento adecuado de tejidos y órganos, el cuerpo humano rompe las proteínas presentes en la comida y utiliza los fragmentos para construir las proteínas necesarias en la formación de las nuevas células y tejidos.

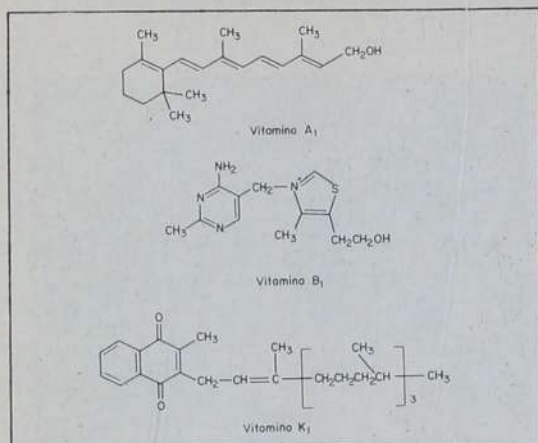
Los alimentos también nos proporcionan las vitaminas, que son sustancias químicas necesarias para todos. Hace 100 años se notó que los animales no se desarrollan bien con dietas conteniendo sólo aquellas sustancias presentes en la leche. Asimismo se sabía que los marineros evitaban adquirir el escorbuto durante viajes largos mediante el consumo de limones.

Este tipo de observaciones llevó a la conclusión de que una buena salud requiere de algo más que carbohidratos, grasas, proteínas y minerales. En 1912 C. Funk llamó "vitaminas" a ese algo.



Los químicos se lanzaron entonces en la búsqueda de esos compuestos.

La historia del descubrimiento de la vitamina K es típica del proceso seguido durante el aislamiento de muchas otras vitaminas. Esta historia empezó cuando se relacionó la hemorragia en muchos pacientes con el hígado dañado con la falta de protrombina, una sustancia sanguínea coagulante. Al mismo tiempo, H. Dam de la Universidad de Copenhague observó sangrados internos en pollos deficientes en trombina, sangrados que cesaban después de alimentar con col a los animales afectados. Así, Dam propuso que una vitamina presente en el hígado y en las hojas verdes es la que ayuda a la formación de la trombina en la sangre. Eventualmente, la vitamina K fue aislada y se caracterizó químicamente; ahora puede adicionarse a los alimentos de las personas que la necesitan.

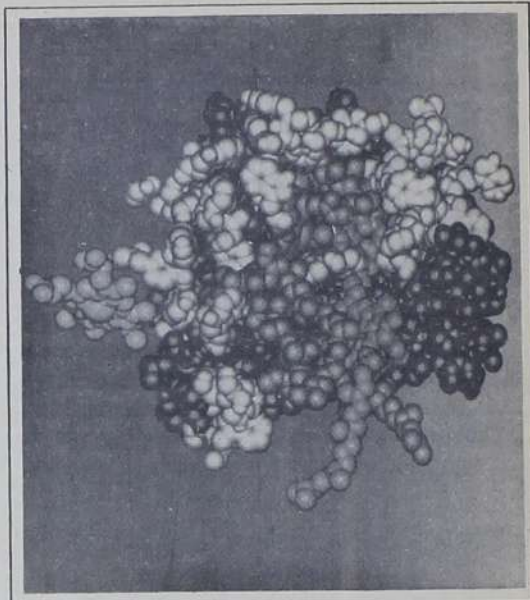


Algunas moléculas que nos hacen la vida más cómoda

Las fibras sintéticas

Hasta antes del siglo XX la gente dependía en forma exclusiva de las plantas y los animales para fabricar su vestido. La lana de los borregos (u otro tipo de cabello), así como el material presente en las fibras vegetales era ingeniosamente convertido en hilos y telas, empleando técnicas mecánicas.

En 1855, Jorge Audemars trató a las hojas de la morera (el alimento predilecto del gusano de seda) con ácido nítrico (HNO₃) y produjo la nitrocelulosa que tiene una consistencia como de miel gruesa y viscosa. Cuando esta miel se pasa a través de los agujeros pequeños de un cedazo metálico, se producen fibras del grueso de un cabello; estas fibras se pueden trenzar para producir telas más resistentes que las naturales. Además, se han encontrado maneras para que estas fibras sintéticas se hagan impermeables, inarrugables, resistentes al fuego, etc.

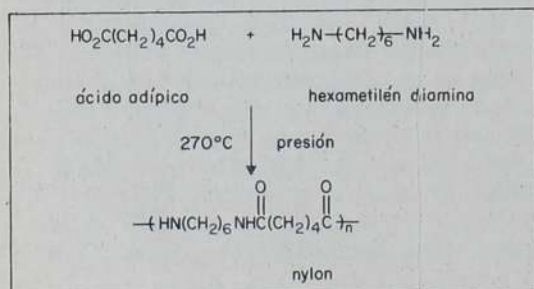


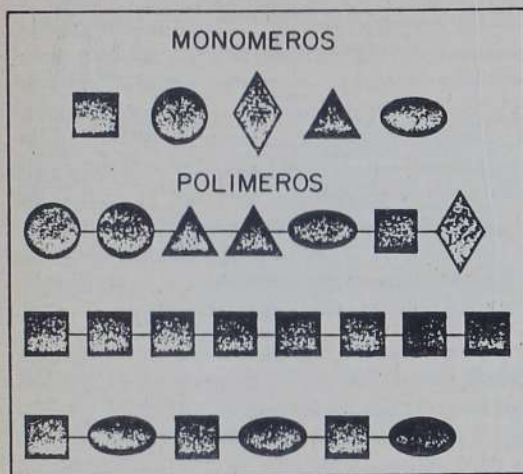
En 1935 se desarrolló un nuevo polímero a partir de la hexametilén diamina y el ácido adípico. Al pasar este polímero a través de una jeringa se obtuvo un hilo que solidificó y fue convertido en fibras que ahora conocemos como el nylon, muy empleado como plástico o como fibra textil.

Los plásticos

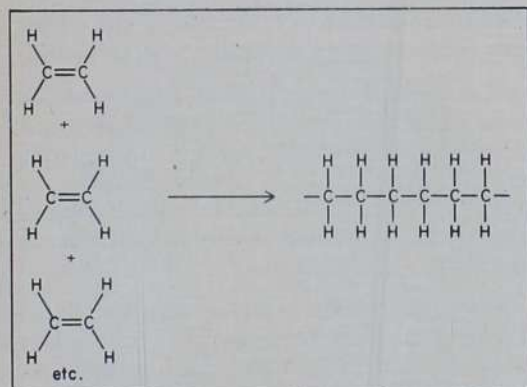
Desde los principios de la humanidad, la gente se las ha arreglado para utilizar los materiales a su alrededor y construir lo que necesita o le parece atractivo. Utilizó primero el barro y las piedras, la madera y el marfil. Después supo transformar el cobre, la plata y el oro, y otros metales y aleaciones para construir una gran variedad de objetos.

En nuestro siglo se inició un nuevo capítulo en esa búsqueda por nuevos materiales y entramos en la era del plástico; por ejemplo, la combinación del fenol y del formaldehído para producir cadenas largas de moléculas resultó en la formación de la baquelita, un sólido moldeable que puede usarse en muchos artículos útiles para nuestra vida diaria. Cada día se preparan nuevos plásticos que constituyen muchos de los objetos a nuestro alrededor: materiales como el polietileno, el celofán y la fibra de vidrio, entre otros.





Hacer plásticos implica unir muchas moléculas pequeñas e iguales (el monómero) para generar una molécula gigante (el polímero). Esta transformación da lugar a cambios espectaculares: líquidos y gases incoloros se convierten en sólidos, fibras, espumas, etc., algunos con color. La dedicación e imaginación de los químicos ha hecho posible que estos plásticos puedan ser usados de muchas maneras.



Polimerización del etileno.

El vidrio

El vidrio es útil pero se rompe, y en ocasiones es mejor si no deja pasar toda la luz del sol (por ejemplo, cuando manejamos de frente al sol). Los químicos han mejorado las propiedades del vidrio al modificar su estructura y hacerlo irrompible; tam-

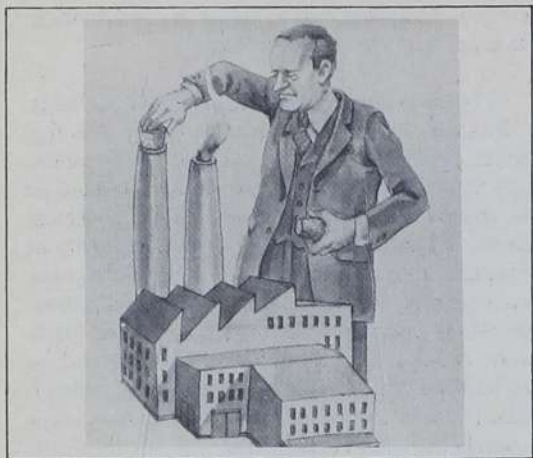
bién puede lograrse que se ajuste automáticamente a la cantidad de luz que le llega.

El vidrio común está compuesto por carbonato de sodio (Na_2CO_3), óxido de calcio (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2). Al calentar estos materiales se forma el vidrio transparente, que consiste de una mezcla de iones de sodio, calcio y silicato. Cuando los iones de sodio se sustituyen por iones de potasio dicha transformación no tiene muchas consecuencias químicas pues el sodio y el potasio son ambos metales alcalinos; sin embargo, físicamente la superficie del vidrio cambia mucho ya que se hace mucho más dura, pues los iones de potasio son más grandes que los de sodio y comprimen la estructura en el cristal.

Para producir vidrio que se oscurezca en el sol se aprovecharon varias observaciones químicas: (1) el vidrio fundido disuelve muchas sustancias, que se distribuyen entonces en la estructura del cristal, (2) el cloruro de plata y algunos de sus derivados se oscurecen cuando se exponen a la luz. Cuando el cloruro de plata se disuelve en vidrio fundido se distribuye uniformemente en él. La luz que pasa por el vidrio cambia entonces los iones transparentes de plata a átomos opacos en una reacción reversible, de modo que cuando la luz deja de chocar con el vidrio los átomos de plata regresan nuevamente a iones transparentes.

Las pinturas

Hace 50 años era muy laborioso preparar pinturas con los pigmentos disponibles, y además se necesitaban varios días para que una vez aplicada a las paredes y objetos seicara completamente. A finales de los años 50 de nuestro siglo se desarrollaron nuevas pinturas que, aunque de una composición química más compleja, son mucho más simples de usar. Por ejemplo, muchas pinturas acrílicas consisten de metacrilato de metilo, acrilato de etilo y ácido metacrílico polimérico como una emulsión en agua, a la que se agrega un agente químico anti-espumante y un conservador, además de óxido de titanio, hidroxietilcelulosa y etilén glicol, que dan otras propiedades a la pintura como son suavidad, bajo punto de fusión, etcétera.



La industria química

Si bien la química es la ciencia que estudia las transformaciones de la materia, la química industrial nació al buscar deliberadamente la aplicación de los descubrimientos científicos en la solución de problemas prácticos. Efectivamente, en los 150 años de desarrollo de la tecnología química, ésta ha ejercido una mayor influencia sobre el progreso de la civilización que cualquier otra disciplina tecnológica. Sin embargo, muchos de los problemas a los que aun se enfrenta la humanidad se deben al hecho de que nuestro conocimiento es todavía inadecuado; la única esperanza para su solución es la continuación de nuestros esfuerzos en investigación.

Desarrollo de una industria química típica

- 1860 colorantes sintéticos
- 1913 fertilizantes
- 1924 detergentes, fibras sintéticas
- 1929 plásticos y otros polímeros
- 1963 plaguicidas, vitaminas
- 1968 cintas magnéticas y otros sistemas de apoyo a la comunicación
- 1983 materiales de alta tecnología
- 1989 polímeros biodegradables
- 1990 producción biotecnológica de las vitaminas, procesos basados en la ingeniería genética

La investigación y el desarrollo de nuevos productos por parte de la industria química siempre están orientados a satisfacer la demanda del mercado en sus necesidades de alimentación, salud, abrigo, comunicación, energía, traslado y esparcimiento. De esta manera, las industrias que iniciaron a mediados del siglo XIX la producción de pigmentos y colorantes, se diversificaron al paso del tiempo para producir fertilizantes, fármacos, fibras sintéticas, cintas magnéticas y material fotográfico, vitaminas, plásticos y pesticidas.

Nos referimos aquí, por supuesto, a aquellas compañías que basaron su crecimiento en la investigación y desarrollo de nuevos productos y métodos. Esta actitud orientada hacia la investigación las llevó no sólo a mejorar las líneas existentes de producción, sino a ramificarse en los nuevos campos abiertos gracias a descubrimientos científicos.

Investigación básica versus aplicada

R.B. Woodward, quien obtuviera el premio Nobel de química, comentó que no existe una diferencia entre la investigación pura y la aplicada, sino únicamente entre una investigación buena o mala. Woodward se refería por supuesto a que ambas clases de investigación son igualmente pertinentes.

No obstante, por lo general, el desarrollo de un nuevo campo de actividad surge de los logros revolucionarios alcanzados por la investigación científica básica. El objeto fundamental de la investigación básica es *entender* el mundo que nos rodea, mientras que el de la investigación aplicada es *mejorarlo*.

La investigación química aplicada surgió cuando los químicos empezaron a ser contratados por las empresas para estudiar desde un punto de vista científico aquellos problemas de interés para la industria. Este grupo de químicos se enfrenta a circunstancias muy diferentes a las encontradas por sus colegas académicos. Primordialmente, mientras que en la investigación básica el químico goza de libertad científica, la investigación aplicada depende de una serie de factores determinantes, como son el mercado, la competencia, los avances de la investigación básica, las presiones sociales y ecológicas, entre otros.

De la investigación aplicada a la producción

Para su sobrevivencia y éxito, la industria química está forzada a optimizar constantemente sus métodos de producción. Se hace necesaria la evaluación continua de las materias primas utilizadas, de los requisitos energéticos, y de los rendimientos químicos en cada etapa. Por esta razón es común que los procesos de producción muestren ciclos de vida determinados para un cierto producto. Un ejemplo es la producción del ácido acrílico, que en los años 50 se basó en tecnología que fue desplazada en los 70 por el método de Reppe, que a su vez está siendo sustituido por métodos de oxidación catalítica.

Cabe aquí señalar que un mejoramiento así sea de 1% en los rendimientos de producción pueden ser determinantes para el éxito de una industria, cuando se considera el gran volumen en la escala de producción.

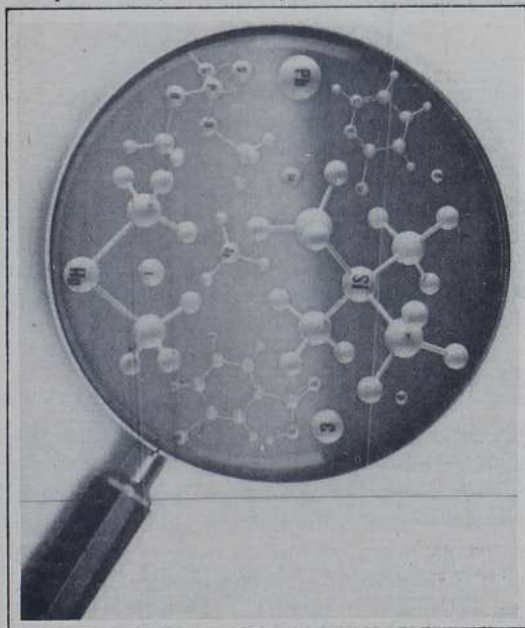
Además, la industria química busca el empleo de las materias primas más baratas, las que en muchas ocasiones se obtienen de un proceso productivo preliminar, con el objeto de mantener bajos

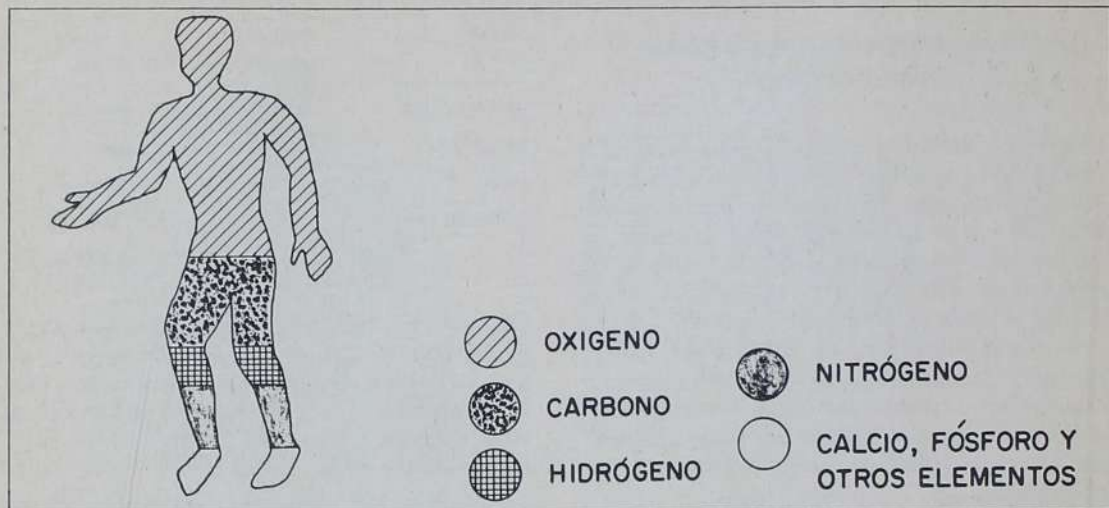
Materias primas	Productos intermedios	Productos finales
petróleo crudo	etileno	plásticos
gas natural	amoniaco	fármacos
azufre	ácido sulfúrico	fertilizantes
minerales	estireno	colorantes
		cosméticos

los costos del producto terminal. Por ejemplo, la producción de colorantes sintéticos requiere de grandes cantidades de anilina, ácido sulfúrico, etc.; por lo tanto, esta industria química se beneficia si cuenta con los medios para producir ácido sulfúrico a partir de azufre, anilina a partir de benceno, etc. Se crean así líneas de productos que se integran adecuadamente.

El otro aspecto fundamental en el desarrollo de los procesos de producción es la utilización de mejores parámetros, como son los catalizadores, la temperatura y presión de reacción, etc. Si bien los resultados de la investigación básica son indispensables para la industria, el desarrollo técnico de un nuevo proceso depende de la investigación industrial, que definirá cuáles son los materiales óptimos, desarrollará los sistemas catalíticos mas eficientes, minimizará los costos energéticos, evaluará la seguridad de la planta de producción, etc. Se requieren aquí cuadros interdisciplinarios de químicos, físicos, ingenieros, biólogos, expertos en computación, y hasta abogados (para satisfacer los requisitos legales y ecológicos del nuevo proceso, así como la protección de patentes), para quienes es indispensable mantener el diálogo con los investigadores responsables del descubrimiento original.

Es importante señalar que los avances en el campo de la instrumentación analítica permiten la detección de cantidades cada vez más pequeñas de los contaminantes que pudieran estar presentes en los productos químicos. Esto ha provocado que los límites de impurezas aceptadas legalmente en el mercado sean cada vez mas rigurosos. La presión social y política aumenta constantemente sobre la industria química, que debe dedicar más recursos encaminados a demostrar que sus productos son puros, seguros y ecológicamente inofensivos.





Una consecuencia de esta situación es que el número de sustancias aprobadas para su uso es cada vez menor. Por ejemplo, en los años 60, uno de cada 4,000 compuestos estudiados como posibles agentes terapéuticos llegaba al mercado; en la actualidad, sólo uno de cada 15,000 a 20,000 compuestos tiene éxito. Además, si en los años 60 el tiempo promedio para el desarrollo de un nuevo fármaco era de 2 a 3 años, ahora en los 90 dicho período se ha extendido a 10 o 20 años. Por supuesto, no todas las compañías farmacéuticas cuentan con los recursos financieros suficientes para cubrir tantos años de inversión y riesgo.

El futuro de la Química

Al examinar el avance de la química al paso del tiempo nos damos cuenta que depende primordialmente de dos factores: uno, la *curiosidad* de los investigadores que genera los descubrimientos e interpretaciones que han marcado la pauta para el desarrollo de la química, y dos, la *aplicación* de dichos descubrimientos y conocimientos en cosas útiles, necesarias para la humanidad.

En los años por venir podemos esperar que la química contribuya sustancialmente a satisfacer las necesidades mas grandes de nuestros días, como son la salud, la energía y la ecología. Asimismo, los avances científicos recientes más importantes, que influirán el desarrollo de la química en los próxi-

mos 10 a 20 años, son probablemente los referentes a la química de materiales, la química biológica y la química computacional.

La salud

Este seguirá siendo un campo de acción muy amplio e importante para la química porque, a pesar de los enormes logros alcanzados en la curación y tratamiento de muchas enfermedades, existen aún numerosos padecimientos que requieren del desarrollo de medicamentos apropiados. Podemos aquí mencionar la artritis, la sinusitis, la obesidad, la hipertensión, enfermedades dentales, alergias, depresiones nerviosas, males cardiacos, el SIDA, etc.

Es un hecho que la gran mayoría de las medicinas para estos males serán compuestos químicos, preparados a través de una síntesis química. Además, es patente que la importancia de estos agentes químicos aumentará conforme se incrementa la longevidad de los seres humanos.

El medio ambiente

Al mismo tiempo que es cada vez mayor la preocupación de la gente por preservar en buen estado nuestro medio ambiente, crece la importancia de la química para lograr metas específicas como son el calentamiento gradual de nuestro planeta (por ejemplo, al desarrollar fuentes alternas de energía, que eviten la combustión del petróleo y la madera

para no generar CO_2), la destrucción de la capa del ozono (encontrando sustitutos de los compuestos de flúoro-carbono), la presencia de contaminantes en el aire y agua (mediante el desarrollo de moléculas quelatantes que los remuevan), el manejo de los desechos urbanos e industriales (a través de catalizadores mas eficientes para su destrucción), etcétera.

Fuentes alternas de energía

Es obvia la necesidad de desarrollar nuevos energéticos, sobre todo al considerar la rapidez con que el petróleo (una fuente de energía no renovable) se consume. El aprovechamiento eficiente de la energía nuclear y de la electricidad requerirá de la participación de la química en el desarrollo de mejores baterías, agentes conductores y materiales aislantes.

La química de los materiales

La investigación en esta área tiene dos objetivos principales: (1) el comprender la naturaleza de los materiales, de modo que podamos anticipar las propiedades macroscópicas de la materia a partir del conocimiento de su estructura microscópica, y (2) la preparación de nuevos materiales con propiedades útiles.

Si bien los polímeros sintéticos constituyen una de las contribuciones mas importantes de la química a la ciencia de materiales, queda mucho por hacer en el desarrollo de nuevos procesos que permitan la preparación de polímeros con tamaño (peso molecular) y propiedades (punto de fusión, transparencia, etc.) más definidas. Además, la preparación de polímeros heterogéneos es un campo de mucho interés y utilidad en la microelectrónica, catálisis de superficie, entre otros.

Otro tema de gran actualidad es el que se refiere al diseño de materiales "inteligentes", que responden a la influencia del medio ambiente con cambios en sus propiedades. Ejemplos son los vidrios fotocromáticos o los fluidos ferromagnéticos.

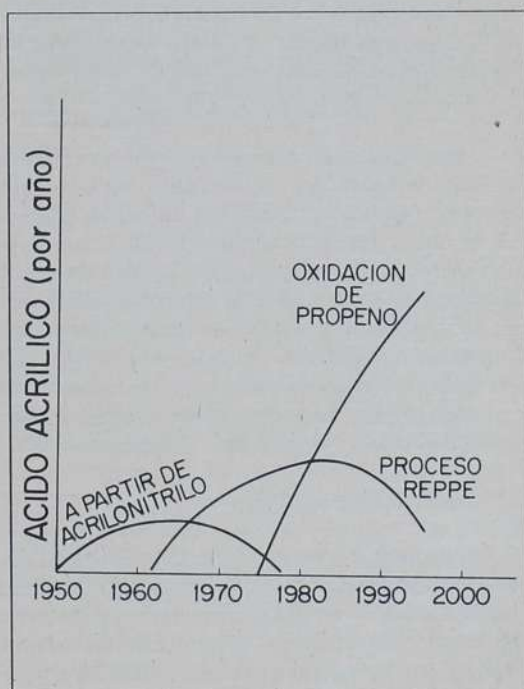
No se pueden dejar de mencionar los superconductores de alta temperatura, así como los conductores orgánicos. Son estos otros productos

químicos los que jugarán un papel determinante en el futuro tecnológico de la humanidad.

La química biológica

Esta disciplina estudia las sustancias y reacciones químicas que son importantes para la vida. Su objetivo primordial es comprender a nivel molecular aquellos procesos característicos de la actividad biológica.

En los años venideros, una meta importante será emplear mecanismos moleculares en el desarrollo de la química farmacológica y agrícola. En particular, los químicos diseñan ya sistemas con las propiedades de reconocimiento y activación selectiva característicos de las enzimas y otros agentes biológicos. Estas moléculas se sintetizan tomando en cuenta los principios de organización y reactividad que permiten a los procesos biológicos reconocer una molécula entre otras miles presentes en la célula u organismo. Este proceso se basa en la participación de un gran número de interacciones relativamente débiles, que ocurren a lo largo de



grandes áreas de superficie molecular durante la asociación sustrato-receptor.

En este sentido, el otro gran campo de acción de la química biológica es el relacionado con el diseño racional de fármacos. Es decir, hasta ahora el proceso de desarrollo de fármacos se ha basado en un proceso de "prueba y error" que da lugar a muchos esfuerzos improductivos. En principio, podemos ahora identificar al receptor o enzima responsable de cierta enfermedad, y entonces clonar (preparar copias idénticas) de esta proteína, cuya estructura (obtenida mediante la cristalografía de rayos-X) permitirá el diseño y síntesis de moléculas que se adhieran fuertemente al sitio receptor, de manera que se produzcan inhibidores químicos que bloqueen la acción de la enzima dañina.

La síntesis asimétrica

Aun cuando los logros de la síntesis orgánica han sido impresionantes, y se han podido preparar compuestos conteniendo hasta 68 centros estereogénicos, el campo de la síntesis asimétrica está aún en su infancia. En un futuro cercano, la gran mayoría de los avances en síntesis orgánica describirá síntesis enantioselectivas; es decir reacciones en las que un sustrato aquiral se convierte en el laboratorio en un producto quiral.

Los avances en este campo serán rápidamente aprovechados por la industria química. Por ejemplo, muchos fármacos con un centro estereogénico en la molécula se venden aún como mezclas 50:50 de sus enantiómeros, a pesar de que la actividad biológica reside en un solo enantiómero. Es decir, el isómero inactivo es en realidad un contaminante del fármaco. Así pues, es probable que en unos cuantos años todas las nuevas sustancias quirales deberán ser comercializadas como un solo enantiómero, en vez de la mezcla racémica actual.

La química computacional

El poder de esta técnica es tal que los resultados obtenidos pueden superar a los experimentales en su capacidad para identificar tendencias y para aislar las contribuciones de los factores individuales que actúan simultáneamente sobre un mecanismo o estructura química. Además, las técnicas computa-

ciones permiten estudiar situaciones químicas que no son factibles de desarrollar en el laboratorio.

Finalmente, el procesamiento electrónico de datos juega un papel cada vez mas relevante en los avances del instrumental analítico (resonancia magnética nuclear, difracción de rayos-X, espectrometría de masas, etc.), búsquedas bibliográficas, análisis retrosintético, simulación de procesos y estructuras, entre otros.

Conclusiones

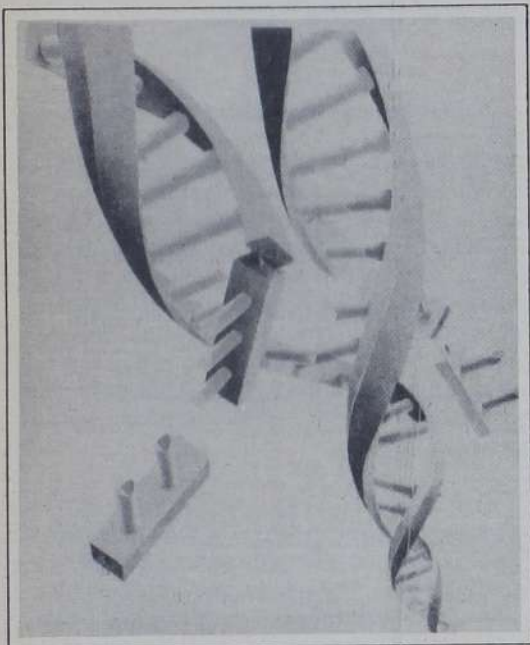
La química combina la satisfacción intelectual que se deriva del conocimiento y la comprensión de las moléculas y sus transformaciones, con su utilización para el mejoramiento de la calidad de nuestras vidas. Lejos de ser una ciencia madura, la química es una disciplina llena de la vitalidad y fuerza necesarias para afrontar nuevos retos, y alcanzar muchas otras metas y sueños. ☼

Bibliografía

- Cram, D.J., "The Design of molecular hosts, guests, and their complexes" (Nobel Lecture), *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **27**, 1009 (1988).
- Jentsch, W., "What does the chemical industry expect from physical and industrial chemistry?", *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **29**, 1228 (1990).
- Juaristi, E., "Seis cualidades fundamentales para la investigación", *Avance y Perspectiva*, No. 29, 46 (Invierno 1986-1987).
- Juaristi, E., "Descubrimientos accidentales en química que han mejorado nuestra vida", *Avance y Perspectiva*, No. 40, 3 (octubre-diciembre 1989).
- Juaristi, E., "Problemas y perspectivas de la química en México", *Rev. Soc. Quím. Méx.*, **34**, 32 (1990).
- Kishi, Y., "The total synthesis of palytoxin", *J. Am. Chem. Soc.*, **111**, 7530 (1989).
- Lehn, J.-M., "Supramolecular chemistry —scope and perspectives" (Nobel Lecture), *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **27**, 89 (1988).
- Quadbeck-Seeger, H.-J., "Chemistry for the future", *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **29**, 1177- (1990).
- Schultz, P.G., "Catalytic antibodies", *Acc. Chem. Res.*, **22**, 287 (1989).
- Seebach, D., "Organic synthesis —where now?", *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 1320 (1990).
- Whitesides, G.M., "What will chemistry do in the next twenty years?", *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **29**, 1209 (1990).
- Woodburn, J.H., "Taking things apart and putting things together", American Chemical Society: Washington, 1976.

En el umbral de la terapia génica

Los avances de la ingeniería genética están dando la posibilidad, hace poco inimaginable, de curar enfermedades mediante la implantación de genes.



Francisco Goya, Los caprichos no. 76.

Rubén López-Revilla

Las enfermedades genéticas no son raras. Muchos niños nacen muertos o mueren poco después de nacer, y la mayoría de los abortos derivan de fallas genéticas en los bebés que no llegan a formarse. La frecuencia de las fallas genéticas en humanos es por tanto mucho más alta que la reconocida en

el 1% de los niños que sobreviven con defectos genéticos severos.

Algunas enfermedades genéticas aparecen por defectos en la producción de una sustancia. Un caso común y fácil de entender es la diabetes juvenil. En los niños con diabetes juvenil el gen de la insulina no produce cantidades suficientes de esta proteína con actividad hormonal que controla los niveles de azúcar en la sangre. Con la diabetes juvenil también puede ejemplificarse un tratamiento común en enfermedades por deficiencia de un producto genético por el organismo: suplirlo con una sustancia sintética o derivada de animales o

El Dr. Rubén López-Revilla es profesor titular del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV. Es médico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, doctor en genética del CINVESTAV y miembro del Consejo Editorial de AyP. Actualmente investiga los mecanismos y la inmunidad de las infecciones intestinales, especialmente la amibiasis.

plantas. De esta manera pueden tratarse, no curarse, enfermedades genéticas debidas a deficiente producción de sustancias por el organismo.

El único tratamiento verdaderamente curativo de las enfermedades genéticas es la terapia génica, consistente en la implantación y expresión de genes normales "terapéuticos". La terapia génica deriva de conocimientos básicos iniciados con el experimento de transformación de los neumococos publicado en 1944 por el grupo de Avery. Podría decirse que hace casi 50 años Avery hizo "terapia génica" cuando logró que el DNA de los neumococos virulentos transformara a los neumococos avirulentos. Aunque no sea una panacea, la terapia génica implica una enorme promesa de aplicación de los avances de la biología molecular y constituye un desafío fascinante para la biomedicina.

En este artículo reviso primero algunos conceptos necesarios para entender las enfermedades genéticas y luego cómo se está tratando de aplicarlos para curar ciertas enfermedades, en un proceso iniciado hace medio año, cuando empezó el primer intento de terapia génica en humanos.

Teoría cromosómica de la herencia

Los cromosomas son componentes del núcleo celular que tienen tamaño, número y forma característicos en cada especie. Precisamente en los cromosomas se encuentran los genes. Cada cromosoma tiene muchos genes y cada gen contiene la información para determinar la estructura de los productos genéticos, moléculas de las que dependen las características de las células y de los organismos formados por ellas.

Las células tienen una pareja de cada cromosoma. Un miembro de cada pareja proviene del padre y el otro de la madre. Es decir, las parejas de cromosomas provienen de los gametos (óvulo de la madre y espermatozoide del padre) que se unen durante la fecundación. El huevo, primera célula del organismo, tiene $2N$ cromosomas (N del padre y N de la madre); antes de dividirse, cada célula los duplica y llega a tener $4N$. El número $2N$ es llamado diploide y el $4N$ tetraploide. Las células tetraploides están preparadas para dividirse y los

cromosomas recién duplicados se reparten equitativamente en los polos de las células que se están dividiendo; la mitad de los cromosomas va a cada extremo, la célula madre tetraploide se parte y forma dos células hijas diploides. La teoría cromosómica se puede resumir diciendo que los genes, ordenados linealmente en los cromosomas, se reparten en forma equitativa en las células para determinar las leyes de la herencia.

Los genes pueden cambiar

Los cambios en los genes se llaman mutaciones. Así nos explicamos que las personas y los miembros de todas las especies biológicas sean distintos, que haya enfermedades hereditarias y que, de pronto, aparezcan individuos diferentes, incluso monstruosos. Las mutaciones pueden ser espontáneas o inducidas; es decir, hay cierta frecuencia "normal" de mutación para cada gen que puede aumentar por efecto de agentes llamados mutágenos, tales como los rayos X y algunas sustancias químicas.

La evolución de las especies es un proceso interminable. A lo largo de la historia la naturaleza ha eliminado y seguirá eliminando a los individuos con desventajas. Por ello se dice que el genoma o material genético de cada especie ha sido y seguirá siendo perfeccionado de manera comparable a un texto sujeto por millones de años a la revisión del corrector más implacable: la selección natural. Debido al grado de perfección de los genomas actuales, prácticamente todas las mutaciones detectables causan desventajas, aunque también las hay neutras que pasan desapercibidas, e incluso hay mutaciones ventajosas que se siguen fijando en las poblaciones actuales.

Las proteínas son productos genéticos

Las proteínas, componentes ubicuos y esenciales de las células, realizan funciones catalíticas, estructurales y regulatorias de las funciones celulares. Las proteínas son moléculas lineales, formadas por eslabones enlazados covalentemente, los 20 dife-

rentes aminoácidos que se encuentran en los seres vivos. Cada especie de proteínas tiene una longitud (número de aminoácidos) y secuencia (orden de los aminoácidos) dadas, definidas por la información del gen correspondiente.

La doble hélice explica los enigmas genéticos

La primera pista de que el DNA es el material genético fue encontrada por Avery y sus colaboradores, quienes identificaron al DNA como el *principio transformante* de los neumococos. Por el año de 1950 Hershey y Chase encontraron que el DNA también parece ser el material genético de un bacteriófago (virus de bacterias). El hallazgo se generalizó y llegó a demostrarse que el DNA también es el material genético en los humanos.

El DNA es una molécula lineal polimérica, formada por dos largas cadenas que contienen unidades moleculares llamadas desoxirribonucleótidos. Las dos cadenas están asociadas estrechamente por enlaces no covalentes, corren en sentido opuesto (*antiparalelas*) y tienen estructura complementaria entre sí. Cada desoxirribonucleótido contiene una de cuatro bases nitrogenadas: las purinas adenina (A) y guanina (G), o las pirimidinas citosina (C) y timina (T). Cada base se une covalentemente a una molécula de desoxirribosa, azúcar de cinco átomos de carbono que además está fosforilada. El largo esqueleto lineal de la molécula de DNA es generado por enlaces covalentes (*fosfodiéster*) entre moléculas vecinas de desoxirribosa-fosfato. En cada especie el número de moléculas de A es igual al de T ($A = T$) y el de G igual al de C ($G = C$).

Las dos cadenas del DNA (Fig. 1) están enrolladas a la derecha, con diez pares de bases por vuelta. Es decir, semejan una escalera de caracol con vuelta a la derecha y con cada escalón formado por un par de bases. La doble hélice, modelo de la estructura del DNA propuesto por Watson y Crick en 1953, es uno de los avances más importantes de la biología que explica los enigmas de la genética. Estos enigmas pueden resumirse en cuatro afirmaciones: (i) la información genética es la

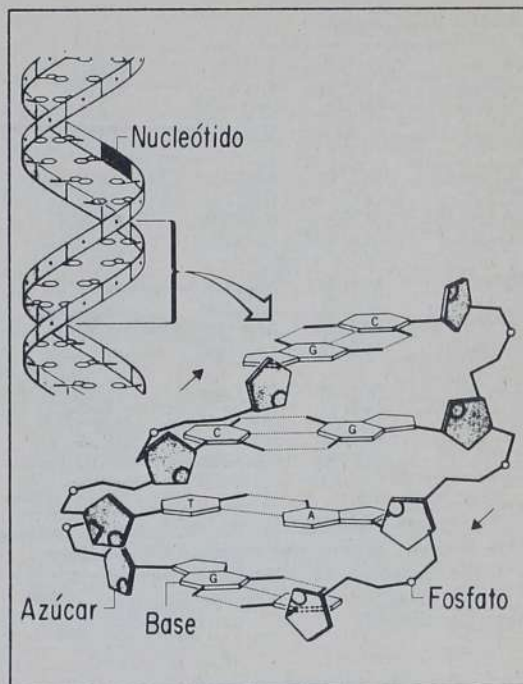


Figura 1. Modelo de la doble hélice para el DNA. Los pares de bases planos están colocados perpendicularmente al esqueleto de azúcar-fosfato. (Tomado de B. Lewin, *Genes III*, Wiley, 1987.)

secuencia de los pares de bases del DNA (*hipótesis de la secuencia*); (ii) cada gen es un segmento de DNA con una secuencia dada de bases; (iii) las secuencias de bases de las dos cadenas del DNA son complementarias y la producción de copias exactas se realiza mediante separación de las cadenas para hacer nuevas cadenas complementarias de cada una de las antiguas; (iv) hay un código genético y un mecanismo para su traducción, es decir, una clave para hacer proteínas con las secuencias de aminoácidos dadas por la secuencia de bases de los genes, y una maquinaria que traduce la información de los genes en proteínas.

El código genético

La síntesis de proteínas no se hace directamente en los genes. Cada gen se expresa en dos etapas. Primero es copiada una de las dos cadenas del DNA a través de la síntesis de ácido ribonucleico

Tabla 1. Código genético

UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
UUA Leu	UCA Ser	UAA TERM	UGA TERM
UUG Leu	UCG Ser	UAG TERM	UGG Trp
CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AUU Ser
AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AUC Ser
AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AUA Arg
AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AUG Arg
GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

Ala, alanina. Arg, arginina. Asp, ácido aspártico. Asn, asparagina. Cys, cisteína. Gln, glutamina. His, histidina. Ile, isoleucina. Leu, leucina. Lys, lisina. Met, metionina. Phe, fenilalanina. Pro, prolina. Ser, serina. Thr, treonina. Trp, triptofano. Tyr, tirosina. Val, valina. Glu, ácido glutámico. Gly, glicina. TERM, codón de terminación.

(RNA) —llamado así porque tiene ribosa en lugar de desoxirribosa— que es complementario al gen y funciona como intermediario o *mensajero*. En la segunda etapa, el RNA mensajero es traducido en la proteína correspondiente. Como el RNA tiene uracilo (U) en lugar de timina (T), el código genético —conjunto de unidades de codificación formados por tres bases vecinas del RNA, que corresponden a cada aminoácido— se definió con las bases del RNA, no del DNA (Tabla 1). Muchos de los 64 codones son redundantes (por ejemplo, UUU y UUC codifican fenilalanina; CAU y CAC, histidina; CGU, CGC, CGA y CGG, arginina). Cuatro codones son, además, las señales para iniciar (AUG) o terminar (UAA, UAG, UGA) la síntesis de polipéptidos.

Algunas mutaciones causan enfermedades genéticas

La colinearidad gen-polipéptido implica que, al generarse un codón diferente por mutación en un par de bases, cambian tanto el RNA mensajero como el aminoácido correspondiente de la proteína

(Tabla 2). Por tanto, una mutación en un par de bases puede cambiar el sentido de la información genética y codificar una proteína anormal inactiva con un aminoácido diferente. Los genes con mutaciones que cambian el sentido de uno o más codones y hacen perder la actividad a las proteínas se llaman recesivos.

Como las células del cuerpo humano (excepto los gametos) tienen un juego de cromosomas del padre y otro de la madre, en ellas hay una pareja de cada cromosoma homólogo y por lo tanto de cada gen. A veces uno o los dos cromosomas homólogos pueden ser mutantes recesivos para un gen. Así, puede haber tres combinaciones para una pareja dada de genes: normal-normal, recesivo-recesivo y normal-recesivo. Los individuos con las combinaciones normal-normal y recesivo-recesivo son *homócigos* porque provienen de gametos con cromosomas similares respecto del gen en cuestión, en tanto que los individuos con la combinación normal-recesivo son *heterócigos* porque provienen de gametos con cromosomas diferentes. Cuando uno o ambos genes son normales usualmente no hay defectos funcionales ni enfermedad genética; el gen normal se expresa y el producto genético funciona. El defecto se encuentra en individuos homócigos recesivos; por ello las enfermedades genéticas ocurren con más frecuencia en grupos humanos cerrados o endogámicos. Si ambos padres son heterócigos normal-recesivo para un gen, la probabilidad de que sus descendientes tengan el defecto genético es del 25%.

En enfermedades genéticas debidas a mutaciones recesivas, el defecto provoca la deficiencia funcional o la ausencia de una proteína. La terapia génica ideal en estos casos sería la implantación de un gen *terapéutico* normal en lugar del defectuoso.

Tabla 2. Ejemplo de mutación en punto

Gen	Secuencias	
Silvestre	DNA	...CAT --CAT --CAT...
	RNA	...CAU --CAU --CAU...
	PROTEINA	...His --His --His...
Mutante	DNA	...CAT --CCT --CAT...
	RNA	...CAU --CCU --CAU...
	PROTEINA	...His --Pro --His...

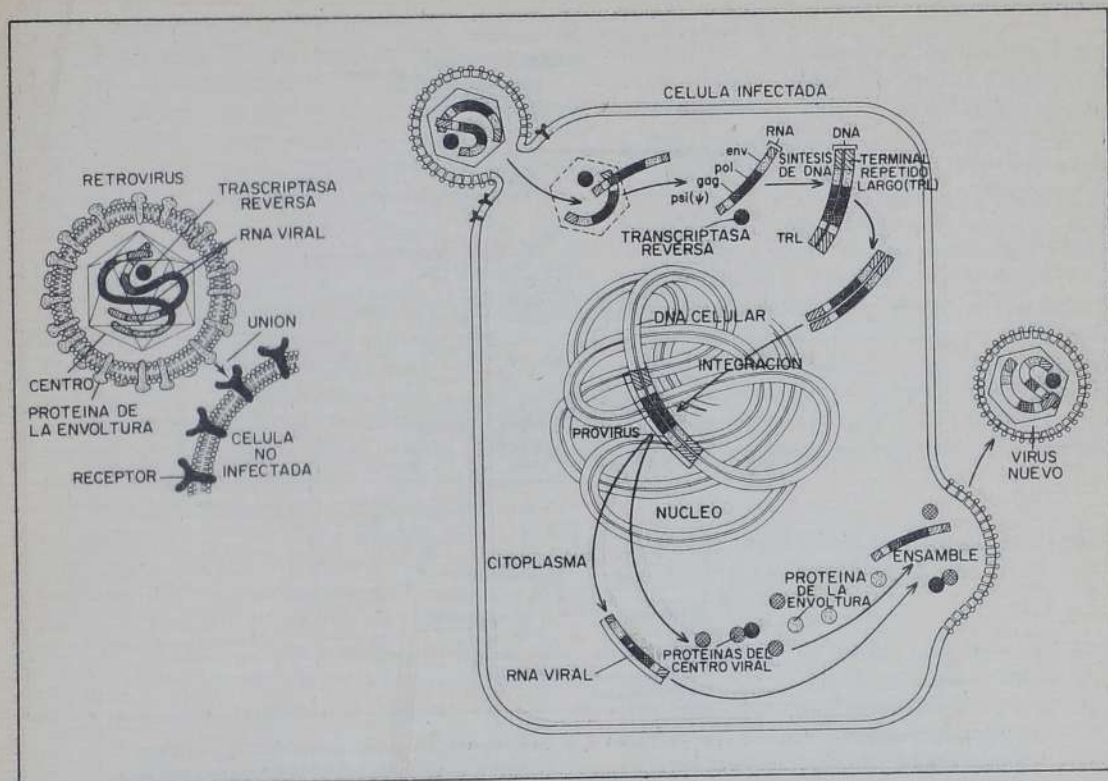


Figura 2. Replicación de los retrovirus. El ciclo vital de un retrovirus empieza cuando el virus se une (izquierda, arriba) y entra (derecha) a una célula e inyecta su material genético (RNA) y proteínas al citoplasma. El RNA retroviral típico incluye tres regiones codificadoras (genes) llamadas *gag*, *pol* y *env* que codifican, respectivamente, a las proteínas del centro viral, a la enzima llamada transcriptasa reversa y a las proteínas constituyentes de la cubierta del virus. El genoma viral también tiene tres dominios no codificantes —dos en los extremos de la molécula y un tercero llamado PSI. Una vez en el citoplasma la transcriptasa reversa convierte el RNA viral en DNA, cuyos dominios terminales alargados —los llamados extremos repetidos largos (ERL)— influyen en la actividad de los genes virales y facilitan la inserción del DNA viral al DNA celular. El DNA viral integrado al DNA celular (provirus) dirige la síntesis de proteínas y RNA virales. Las proteínas envuelven luego al RNA, formando partículas virales que emergen de la célula. (Tomado de Verma, 1990.)

DNA recombinante

Los elementos genéticos extracromosómicos de las bacterias, llamados plásmidos, son círculos covalentemente cerrados de DNA de los que puede haber varias copias por célula. Los plásmidos pueden usarse como vectores o vehículos para transportar genes. Al ser cortados en sitios apropiados con enzimas de restricción, en los vectores pueden insertarse genes extraños para generar *DNA recombinante* in vitro. Con el DNA recombinante pueden transformarse bacterias para obtener muchas copias del

gen que interesa. Los genes insertados en los vectores también se llaman *clonas*, por constituir poblaciones de moléculas de DNA propagadas a partir de una sola molécula de DNA recombinante. Los genes clonados también pueden expresarse y dar lugar a sus productos genéticos en las bacterias. Así pueden sintetizarse productos genéticos de una especie en otra, como la insulina humana *recombinante* sintetizada en bacterias. El conjunto de métodos que incluyen el diseño, la construcción, la propagación y la expresión del DNA recombinante se conocen como *ingeniería genética* o *clonación molecular*.

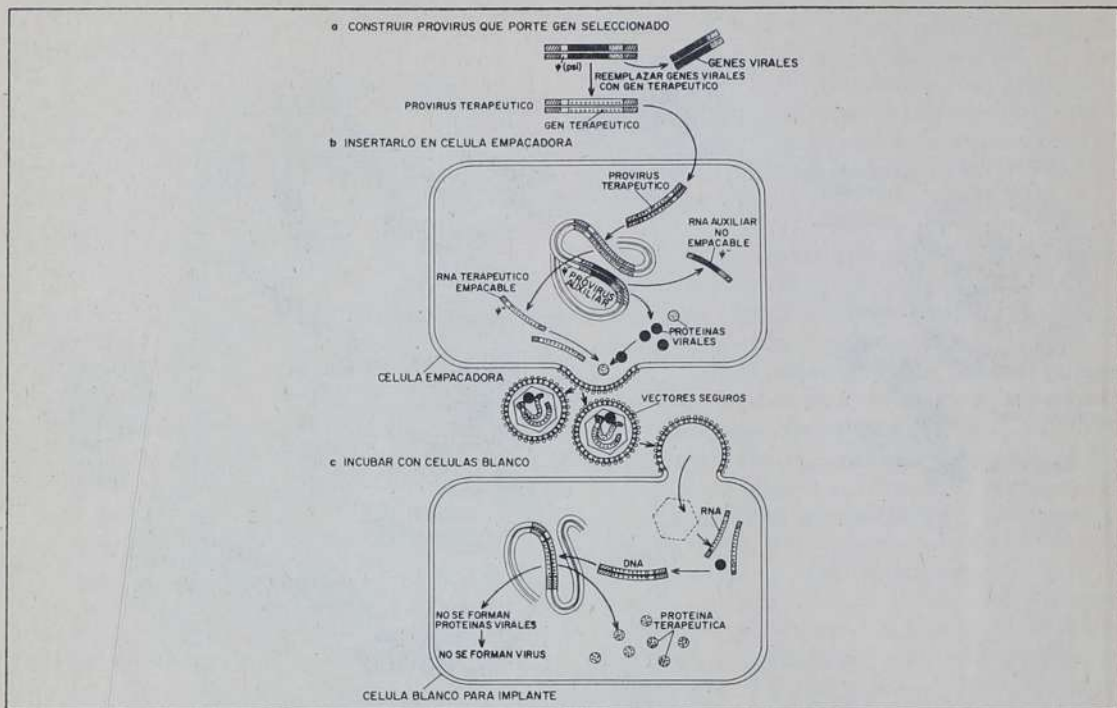


Figura 3. Transfección con vectores retrovirales. Los vectores retrovirales son ensamblados, o empacados, en células diseñadas para liberar solamente vectores seguros. Los investigadores sustituyen un gen terapéutico por genes vírales en un provirus (a), e insertan el provirus en una célula empacadora (b). El DNA viral dirige la síntesis de RNA viral, pero como éste carece de los genes virales, no puede generar las proteínas necesarias para que el RNA sea empaclado en partículas que pueden llegar a otras células. Las proteínas faltantes son proporcionadas por la expresión de un provirus "auxiliar" que carece de la región PSI, sin la cual no se puede incluir el RNA en partículas virales ni tampoco se pueden formar virus portadores del RNA del provirus auxiliar. Por tanto, las partículas que escapan de la célula portan RNA terapéutico sin genes virales, pueden entrar a otras células (c) e insertar el gen terapéutico dentro del DNA celular, pero son incapaces de reproducirse. (Tomado de Verma, 1990.)

Limitaciones y problemas técnicos de la terapia génica

El perfeccionamiento genético de los seres vivos ha tomado millones de años y no puede ser igualado de la noche a la mañana por la mano del hombre. Tendremos que conocer mucho mejor a los genes para poder curar las enfermedades genéticas. Por ahora la terapia génica se reduce a modificar células somáticas. Está prohibido implantar genes terapéuticos en células precursoras de los gametos; así cambiaría deliberadamente el genoma de la especie humana. Por otra parte, la terapia génica tiene que rebasar obstáculos actualmente insalvables: asegurar

que el gen terapéutico llegue sólo a las células enfermas, sea insertado en el sitio cromosómico exacto y funcione correctamente.

Retrovirus

Entre los virus de RNA un grupo interesante, el de los retrovirus (Fig. 2), comprende al virus del SIDA y a los virus oncogénicos de RNA. El RNA genómico retroviral se encuentra empaclado en una cápside (cápsula de proteínas) cubierta, a su vez, por una envoltura de lípidos y proteínas. Las proteínas de la envoltura reconocen y se unen a receptores de la superficie celular. Las diferentes estirpes celular-

res tienen receptores para distintos retrovirus, que de esta manera las reconocen específicamente y pueden penetrar en ellas para propagarse y dañarlas. Por ejemplo, ciertas proteínas de la superficie del virus del SIDA reconocen a los receptores CD4 de linfocitos T, a los que así se pueden adherir y lesionar.

Las partículas virales se unen a la célula que van a infectar, la penetran y luego se hacen copias del RNA genómico mediante una enzima característica —la transcriptasa reversa, contenida en las mismas partículas virales— que sintetiza DNA viral complementario, utilizando como molde al RNA genómico viral. La transcriptasa reversa actúa en sentido inverso que la RNA polimerasa celular, la cual sintetiza ("transcribe") RNA mensajero a partir de los genes del DNA y por ello los virus que la contienen se llaman retrovirus. En el RNA genómico de los retrovirus se encuentra la secuencia PSI, necesaria para que el genoma sea encapsidado en partículas virales. Si falta la secuencia PSI, el RNA viral sintetizado dentro de las células no es encapsidado y no puede infectar otras células.

El DNA viral complementario sintetizado en células infectadas por retrovirus puede integrarse a los cromosomas celulares. En los retrovirus oncogénicos, el DNA complementario porta el gen que causa cáncer (oncogén) por inducir proliferación descontrolada de las células. El DNA viral asociado a los cromosomas celulares hace que el oncogén se transcriba y sintetice continuamente la proteína que hace crecer las células sin control. Además del producto del oncogén se hacen las proteínas que encapsidan al RNA y permiten producir nuevas partículas virales.

Vectores retrovirales y terapia génica

Para transformar ("transfectar") e intentar la terapia génica de células animales se están empleando vectores retrovirales (Fig. 3). En retrovirus mutantes afectados en la secuencia PSI e integrados en líneas celulares, los genes virales se expresan para formar el RNA genómico y las proteínas estructurales, pero no puede llevarse a cabo la encapsida-

ción del RNA ni la formación de viriones. Por otra parte, mediante ingeniería genética puede insertarse un gen terapéutico y eliminarse el oncogén en el DNA complementario de un retrovirus que tenga una secuencia PSI normal; este DNA recombinante clonado en un plásmido puede amplificarse y usarse para transformar células que tengan integrado el retrovirus mutante sin secuencia PSI, en las que puede expresarse y producir copias del RNA retroviral con secuencia PSI y el gen terapéutico. Este RNA es encapsidado gracias a la expresión del retrovirus mutante integrado a las células. Las partículas formadas son vectores retrovirales (con secuencia PSI, sin oncogén) que portan el gen terapéutico y pueden transformar células compatibles.

Primeros blancos de la terapia génica

La primera paciente elegida para intentar la terapia génica es una niña con inmunodeficiencia severa, homóciga recesiva en el gen de la adenosina-desaminasa (ADA), enzima cuya deficiencia provoca defectos funcionales en los linfocitos (ver Tabla 3). Ella fue tratada por primera vez por el grupo de Anderson en los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos, en septiembre de 1990. Los investigadores encargados del caso cultivaron sus linfocitos deficientes en ADA (ADA⁻), hicieron la transfección de los mismos con vectores retrovirales portadores del gen terapéutico de ADA (ADA⁺). Los linfocitos transfectados se cultivaron en un medio selectivo en el que crecen solamente los ADA⁺, se propagaron, y se inyectaron en la niña.

Este tratamiento probablemente no será curativo porque se espera que los linfocitos transformados y luego propagados in vitro sean

Tabla 3. Primer intento de terapia génica

Niña con inmunodeficiencia severa (Grupo de Anderson, Sept. 1990)	
1.	Cultivar linfocitos (ADA ⁻)
2.	Transfectarlos con vector retroviral terapéutico
3.	Propagar linfocitos ADA ⁺
4.	Transfundirlos a la paciente

Tabla 4. ¿Próximos blancos de la terapia génica?

Hemofilia
Diabetes
Parkinson
SIDA

diferenciados y no generen nuevos linfocitos ADA⁺ de manera indefinida en el cuerpo. Cuando estos linfocitos transformados envejecen y dejen de funcionar, se acabará el efecto del tratamiento. Se cree que la verdadera curación se lograría transformando con el gen terapéutico las células troncales (*stem cells*) que luego dan lugar a linfocitos diferenciados. Pero, aunque la niña no se cure, este primer intento serio y controlado para implantar un gen terapéutico normal seguramente permitirá avanzar de manera significativa la terapia génica.

La Tabla 4 enlista cuatro enfermedades, blancos posibles de la terapia génica. Dos son debidas a genes recesivos; las otras dos son la enfermedad de Parkinson y el SIDA.

En el tratamiento curativo de la enfermedad de Parkinson, logrado en México por los doctores Madrazo y Drucker-Colín, ellos transplantaron a los ventrículos del cerebro —de pacientes que no producen suficientes cantidades de una sustancia neurohumoral— células de la médula suprarrenal productoras de dicha sustancia. Es decir, implantaron células de otro órgano en el cerebro, donde se requería la sustancia faltante. Con terapia génica para la enfermedad de Parkinson se piensa transformar *in vitro* fibroblastos de los mismos pacientes para que adquieran la capacidad de producir la sustancia deficiente y luego implantarlos en el cerebro. Los fibroblastos son muy resistentes y parecen dar mayor seguridad de funcionar que las células diferenciadas obtenidas de órganos maduros. Con este enfoque se pueden transformar células de los mismos pacientes, probarlas para asegurar que producen la sustancia deseada, e implantarlas sin riesgo de rechazo inmunológico.

El virus del SIDA, como dije antes, tiene proteínas de superficie que reconocen los receptores CD4 e infectan a los linfocitos T, esenciales para la inmunidad. Para ayudar a los pacientes con SIDA se pla-

nea transformar a sus propios fibroblastos con vectores retrovirales que porten el gen del receptor CD4 y seleccionar los fibroblastos que lo sobreproduzcan. Después se reimplantarían los fibroblastos sobreproductores que diseminarian el receptor en todo el cuerpo para que se una a las partículas del virus del SIDA y por competencia disminuya su entrada a linfocitos T no infectados.

Conclusiones

Los avances de la ingeniería genética están dando la posibilidad, hace poco inimaginable, de curar enfermedades mediante la implantación de genes. Todavía no se encuentra la enfermedad que sea el blanco ideal de la terapia génica. Cuando se identifique, para curarla tal vez habrá que implantar el gen terapéutico necesario mediante un vector retroviral en células troncales seleccionables *in vitro* capaces de diferenciarse y funcionar normalmente en los sujetos tratados.

Los científicos que desarrollaron las bases de la ingeniería genética, fascinados por la estructura y función de los genes, quizás no imaginaron que llegarían a plantearse las aplicaciones que ahora se vislumbran claramente. Con la terapia génica reitramos una vez más que el conocimiento abre campos nuevos y cada más vez fértiles a la imaginación, y permite dominar la naturaleza de modos fascinantes que son inconcebibles en la ignorancia.

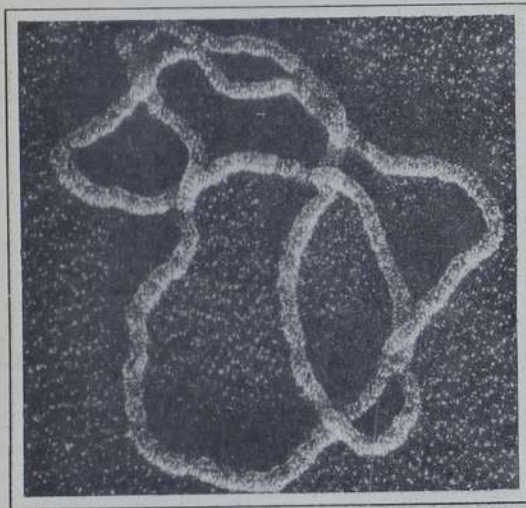
Agradecimientos. Doy las gracias a Saúl Villa-Treviño por haberme invitado a participar en la Primera Semana de la Investigación Científica (Universidad Autónoma de San Luis Potosí y CINVESTAV-Unidad Zacatenco), donde presenté las charlas que dieron lugar a este artículo, a Verónica Landa por el excelente trabajo de transcripción y a Josefina Rodríguez y Fernando Navarro por sus sugerencias y críticas al manuscrito.

Lecturas recomendadas

- Friedman, T. Progress toward human gene therapy. *Science* **244**:1275-1281, 1989.
 Verma, I.M. Gene therapy. *Scientific American* **263**:34-41, 1990.

Avances de ciencia y tecnología

Terapia génica: Hemofilia en una familia de tantas



Raymundo Méndez Canseco

Cuando Victoria de Inglaterra contrajo matrimonio por razones de estado con su primo Alberto, no imaginó las consecuencias que tal enlace traería a sus descendientes. Victoria era portadora del alelo mutante que causaba la hemofilia, enfermedad hereditaria que había afectado durante siglos a las casas reales europeas. De los nueve hijos que engendró, dos mujeres fueron portadoras del alelo mutante y uno de los hombres padeció la enfermedad. En la siguiente generación, tres hombres padecieron la enfermedad y cuatro mujeres fueron portadoras. En la tercera, cinco hombres —excepto el zarevitch Alexis, quien fue asesinado por los bolcheviques— murieron a consecuencia directa de la hemofilia. La selección natural actuó de tal

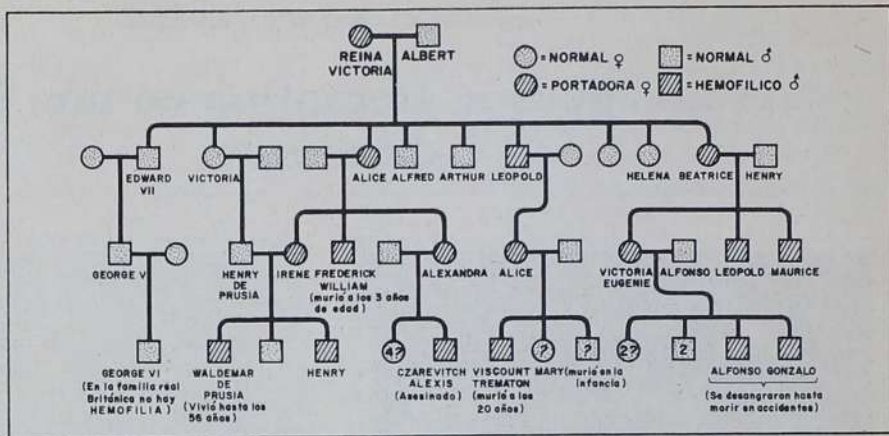
forma que solamente sobrevive la rama que actualmente reina en Inglaterra, en la que no existe ningún caso de hemofilia (fig. 1).

La hemofilia y otras enfermedades hereditarias ocurren también en las buenas familias. Las causas de estas enfermedades, consideradas como taras aún en pleno siglo XX, fueron un misterio hasta el advenimiento de nuevos conocimientos en fisiología, bioquímica y genética humanas.

Dejándose llevar por las raíces latinas de la palabra, hemofilia significa amor a la sangre. En tal caso, Drácula y fauna semejante serían hemofílicos, mas no es ese el caso. Los sujetos hemofílicos mueren de hemorragia, pues su sangre carece o es defectuosa en una proteína —que puede ser el factor VIII o el factor IX— que participa en la coagulación. Esta enfermedad sólo la padecen los hombres, mientras que las mujeres actúan como portadoras sanas del gen responsable de la misma,

Raymundo Méndez Canseco es estudiante de la carrera de químico bacteriólogo parasitólogo en la ENCB-IPN. Realiza su tesis de licenciatura sobre terminación de la transcripción en el Departamento de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV. Es becario de la Fundación Lorena Alejandra Gallardo.

Figura 1. En este pedigree, se muestra cómo el gen responsable de la hemofilia se distribuyó en los descendientes de la reina Victoria. Se omiten miembros de la familia a quienes dicho gen no fue transmitido. Aquellos miembros de quienes se desconoce su situación con respecto a la enfermedad se indican con un signo de interrogación (Tomado de la Ref. 1).



lo que hace que ésta constituya un ejemplo de herencia ligada al sexo que, por supuesto, no se debe confundir con una enfermedad venérea.

Metiéndose en honduras, la deficiencia de los factores VIII o IX de la coagulación se debe a un defecto en el gen que codifica la información requerida para su síntesis. La terapia aplicada a los enfermos es solamente paliativa, no curativa, y consiste en la transfusión de sangre normal o la administración de los factores de coagulación concentrados. No obstante, la aparición del virus del SIDA a principios de los años ochenta trajo complicaciones y no fueron pocos los hemofílicos que contrajeron esta infección por la transfusión de sangre contaminada.

Se ha buscado una solución de fondo en la terapia génica. La estrategia fundamental de esta nueva tecnología consiste en insertar en los pacientes un gen normal o "terapéutico" que supla las funciones que un gen defectuoso es incapaz de realizar. El vehículo para realizar esta operación es un retrovirus, es decir, un virus de RNA que dentro de su ciclo de replicación pasa por una fase donde se encuentra como DNA que es capaz de integrarse a los cromosomas humanos. A este retrovirus se le sustituye parte de su información genética por la del gen terapéutico. La operación se ha realizado en cultivos celulares y los resultados han sido satisfactorios. Los siguientes pasos, ya en proceso, son dos: a) perfeccionar un protocolo que funcione en un modelo animal, y b) proponer un esquema terapéutico que sea aprobado para su aplicación en humanos.²

La terapia génica se ha aplicado al estudio de otras enfermedades hereditarias además de la hemofilia, tales como la fibrosis quística, la distrofia muscular y la neurofibromatosis. En el caso de la inmunodeficiencia severa combinada, en la cual los pacientes carecen de cualquier tipo de respuesta inmune debido a la deficiencia de una enzima —la adenosina deaminasa— se ha diseñado un protocolo que se aplicó a una niña de cuatro años en septiembre de 1990, con resultados al parecer satisfactorios.

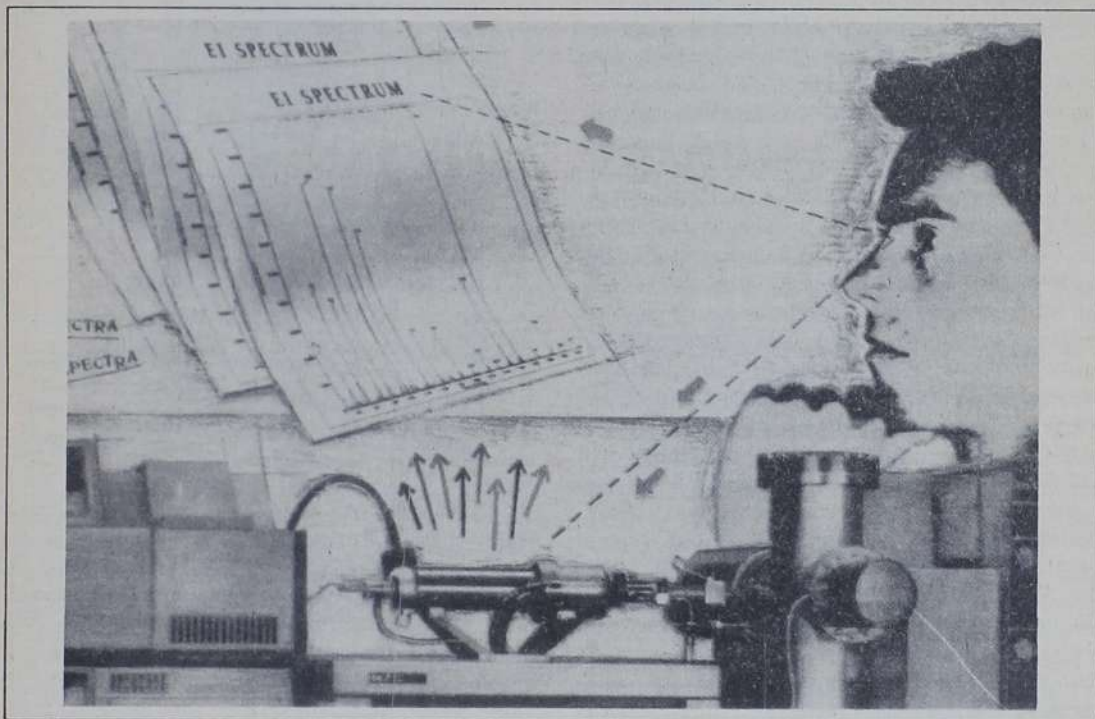
Sin embargo, aún falta mucho trecho por recorrer. Para el caso de la hemofilia, se vislumbran algunos problemas relacionados con la respuesta inmune del paciente, quien puede producir anticuerpos contra la proteína sintetizada por la información del gen terapéutico. Si bien todavía no se encuentra una solución para ello, se pronostica que dentro cinco años ya estará disponible esta tecnología terapéutica.³ Es posible aventurar que en el próximo siglo, casos tan trágicos como el que abatió a la estirpe de Victoria de Inglaterra ocupará el plano de las curiosidades históricas.

Notas

1. Yimball, J.W., *Biology* (Addison Wesley, Nueva York, 4a. edición, 1978).
2. Ledley, F. 1989, "Human Gene therapy", en *Biotechnology*, edited by H.J. Rehm and G. Reed. Vol. 7b, Cap. 8c, p. 399 (VCH editors).
3. Verma, I. 1990. "Gene therapy", *Scientific American*, Vol. 263 No. 5 pp 34-41.

Perspectivas

La ciencia y la tecnología en México



Arturo Morales Acevedo

Introducción

Para iniciar este artículo, quisiera hacer una aclaración: la mayor parte del texto fue escrito a principios del presente año (excepto la introducción misma). De entonces a la fecha se han producido cambios en la política científica de la administración pública que podrían hacer parecer como obsoletos algunos de los comentarios que hago más

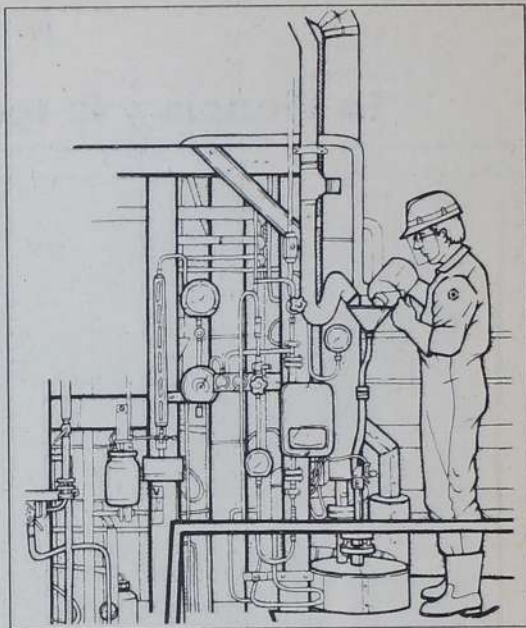
adelante. Sin embargo, creo que los efectos reales que tales cambios traerán consigo, para nuestra comunidad, aún tardarán cierto tiempo en manifestarse. Por lo tanto, desde un punto de vista personal, la mayor parte de mis observaciones y recomendaciones siguen siendo válidas.

Asimismo, este artículo, sin pretenderlo, dará continuidad a las discusiones acerca de la relación CINVESTAV-Industria y sobre la existencia de grupos diversos dentro de nuestro Centro. Temas que fueron comentados en un número reciente de *Avance y Perspectiva*. Me refiero, por un lado, a la entrevista que el consejo editorial sostuvo con el Dr. Feliciano Sánchez Sinencio¹ y, por otro, al artículo escrito por el Dr. Luis G. Gorostiza acerca de las perspectivas de las matemáticas en México.²

El Dr. Arturo Morales Acevedo es ingeniero en comunicaciones y electrónica de la ESIME-IPN, maestro y doctor en ciencias (Ingeniería Eléctrica) del CINVESTAV. Es profesor titular de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV. Su campo de investigación es la Física de dispositivos de estado sólido, en particular de celdas solares. Actualmente realiza una estancia sabática en las empresas Electrosolar de México y Opción Solar.

Por lo tanto, creo adecuado enfatizar aquí algunas cuestiones esenciales que discutiré con mayor detalle, más adelante. En primer lugar, no cabe duda que debemos tener entusiasmo al tratar de participar en la solución de problemas nacionales como es el de la modernización de la industria. Pero también debemos estar conscientes de la importancia que nuestro trabajo como investigadores tiene para la sociedad, cuando éste se hace con excelencia y sin desviarnos de nuestros propios objetivos. Esto debe ser reconocido por todos, independientemente de la complejidad del problema al que nos enfrentamos (sobre todo ahora que se habrá de firmar un acuerdo de libre comercio con los Estados Unidos y Canadá), para el cual tendremos que encontrar una solución global y no parcial, como ha sido hasta hoy. Mientras no existan las condiciones estructurales, legales y financieras encaminadas a la inserción de las actividades que desarrollamos en el CINVESTAV en la industria nacional, estaremos hablando de una pseudo-demanda de conocimientos y tecnología, y por lo tanto, estaremos intentando dar soluciones parciales y localizadas al problema real, que consiste en la falta de planeación a largo plazo, de infraestructura y de financiamiento tanto para la investigación como para el desarrollo de la industria. Todo esto a costa de desviar el objetivo de nuestras actividades que, aunque cueste trabajo reconocerlas como importantes, lo son: formación de recursos humanos, investigación científica y tecnológica que fomenten la creatividad y optimización de recursos, y que nos mantengan "en forma" para actuar, cuando existan las condiciones que permitan de manera natural y efectiva la interacción CINVESTAV-Industria-Sociedad. Esto, por supuesto, es válido para todas las instituciones de carácter similar a la nuestra.

Nótese que me he referido a la investigación como la actividad primordial que desarrollamos aquí. En este sentido, estoy de acuerdo con el Dr. Gorostiza. Existen grupos de científicos, tecnólogos y matemáticos (pues él no se considera miembro de los primeros dos), cada uno con características propias en cuanto a su trabajo se refiere, y en la forma de evaluarlo. Lo importante es que haya un respeto mutuo entre ellos. Además, debemos tener presente que, no obstante lo diverso que sean nuestros métodos, todos estamos unidos en cuanto a que realizamos investigación como uno de nues-



tros principales objetivos. Es decir, matemático no significa científico (por lo menos para el Dr. Gorostiza), como tecnólogo (en este caso para mí) no significa industrializador; pero matemático, tecnólogo y físico implican la acción de investigar. Esto es lo que todos hacemos, y es lo que nos une y nos hace una comunidad dentro del CINVESTAV.

Pasemos ahora, después de esta larga introducción y de las aclaraciones mencionadas, a la discusión principal, objeto de este artículo.

Vinculación Ciencia-Industria

Los problemas relacionados con el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en México son muy complicados, sobre todo porque no se tienen objetivos claros, ni a corto ni a largo plazos. Pero también porque sobre ellos influyen muchos factores que dependen de circunstancias políticas, sociales, y económicas que varían rápidamente. Esto causa fluctuaciones "violentas" en nuestro sistema científico y tecnológico, evitando que se logren la madurez y la estabilidad necesarias para conseguir, al menos, aquellos propósitos que intuitivamente se aprecian como adecuados en un país como el nuestro.



El problema más importante en relación a dicha fluctuación de ideas y soluciones es que, de pronto, los objetivos a muy corto plazo, que la mayor parte de las veces sólo están claros para los funcionarios en las dependencias como la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se convierten en el *objetivo*. A partir de ese momento se olvida la importancia estratégica que tiene un desarrollo científico y tecnológico sostenido, coherente, y planeado a largo plazo, no sólo en nuestro país, sino en el mundo entero.

Es obvio que si no contamos con los recursos humanos, industriales y materiales, y además no tenemos la infraestructura y una planeación adecuadas, no se podrá competir con quienes sí tienen todo esto en abundancia. Desafortunadamente, en México, dentro de las diversas dependencias relacionadas con este problema se piensa que ya tenemos todo lo anterior, y se propone al científico mexicano que sea más participativo en el desarrollo nacional (como si no lo fuese). Así, en algunos discursos oficiales nos encontramos frases como la siguiente: "El científico mexicano debe ser productivo y contribuir al desarrollo de la industria nacional".

He observado cómo algunos científicos (o tecnólogos) lo creen, y empiezan a buscar esa industria que los requiera. Pero muchas veces se encuentran que no existe, o bien, que el director de tal empresa no sabe para qué podría servirle la ciencia o un científico (no necesariamente haciendo ciencia). Dadas las condiciones actuales, más

bien lo que requieren es un técnico especializado con capacidad inventiva, pero no alguien que sea parte integral de la empresa dentro de un departamento de desarrollo de nuevos productos, o que aplique las nuevas tecnologías para hacer más eficiente la producción. Es entonces cuando el científico sólo acierta a preguntarse: ¿En dónde está la industria nacional que pueda requerir de alta tecnología o investigación básica?

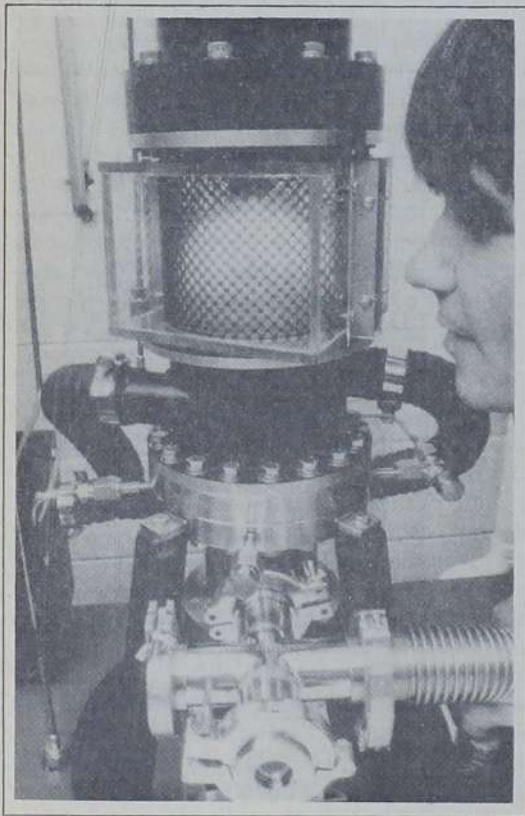
El problema de la industria nacional

Por ejemplo, en este momento existen empresas que "fabrican" televisores en México. En realidad los ensamblan a partir de circuitos y tabletas importados (algunos maquilados), y las empresas piden a alguna fábrica de muebles que diseñe y fabrique la caja exterior. Son muy claras las razones: (i) No hay recursos financieros dentro de las empresas para sostener el desarrollo propio. (ii) La mentalidad del empresario mexicano sigue siendo la de que "Si podemos importar ¿por qué tenemos que hacer desarrollo interno?" (iii) Cuando tratan de tener algún desarrollo descubren que no existe la infraestructura industrial requerida (fábricas de partes o proveedores de servicios) ni, la mayoría de las veces, los recursos humanos necesarios; es decir, tal vez encuentran ingenieros, físicos, químicos, pero no al especialista ni al administrador capaz para manejar industrias de mediana o alta tecnología.

Así que las empresas nacionales tienen que importar la tecnología a un costo mayúsculo, lo cual genera industrias de muy alto riesgo. Por cierto, cabe destacar que una industria en estos términos no podrá ser financiada de acuerdo a los programas de riesgo compartido establecidos en las propias dependencias gubernamentales, como NAFINSA, pues la mayoría de las veces no existe un mercado interno suficiente, y será difícil competir en el exterior. Es más viable que sean empresas extranjeras, que busquen mano de obra barata, las beneficiadas por dichos programas. Por supuesto, no habrá transferencia de tecnología, tan necesaria como paso previo para una verdadera industrialización moderna del país.

Acciones posibles

No obstante, hay formas muy claras para lograr los objetivos de desarrollo. Cuando no existe planeación, sólo se puede confiar en la buena suerte para obtener lo propuesto. Pero, en México, se nos dice que ya existe tal planeación, y que por lo tanto podemos esperar lo mejor en las próximas décadas. No obstante, debemos evitar que esta acción planificadora se convierta en lo que algunos llaman "la tecnocracia", pues a sus miembros les hacen falta ingredientes importantes como son la inventiva, la creatividad y la oportunidad necesarias para tener estrategias flexibles y capaces de competir en condiciones desventajosas. Debemos actuar en función de las capacidades y de los recursos propios, y optimizarlos para la consecución de los objetivos de desarrollo. Curiosamente, son habilidades que se espera encontrar sobre todo entre científicos y tecnólogos, y en general entre profesionistas de alto nivel.



Por lo tanto, es necesario fomentar el desarrollo de las habilidades mencionadas, si se espera competir a nivel internacional. Debemos estimular no sólo técnicas y métodos, sino enseñanzas reales acerca del proceso creativo. Esto es lo que genera una cultura propia en todos los niveles, es lo que da fuerza a un país para evolucionar con su propio sentido de desarrollo, y es lo que debe mantener el respeto entre las personas y las naciones.

Para concluir, sugiero las siguientes acciones:

1. Antes de motivar a los científicos mexicanos para que contribuyan al desarrollo de la industria nacional moderna, debemos buscar una planeación adecuada para la existencia de esta industria. Debemos encontrar mejores condiciones para la transferencia de tecnología y de las técnicas de administración de empresas modernas, tenemos que re-educar al empresario a fin de que descubra la importancia de tener desarrollo propio, e incluso debemos educar al científico y al tecnólogo para que entiendan mejor las necesidades industriales, pero sin evitar que continúen con sus actividades de investigación básica y tecnológica. En todo caso, debemos buscar recursos para que un mayor número de personas participen en la investigación básica y aplicada en todos sus aspectos.

2. Debe haber una coordinación adecuada con el objeto de que simultáneamente se den todos los pasos para que en forma natural se integren los diferentes componentes necesarios para el avance tecnológico e industrial del país, es decir: desarrollo de las capacidades administrativas de la industria moderna de alta tecnología, desarrollo de la infraestructura industrial y de las capacidades de financiamiento, desarrollo de las actividades de investigación en los centros de investigación, y dentro de las industrias mismas.

3. Planear todo lo anterior de forma que haya un avance continuo, ininterrumpido y estable, independiente de los posibles cambios de administración pública, mediante la formación de verdaderos órganos autónomos en la que participen los tres sectores relacionados con el problema que nos atañe: los científicos y tecnólogos, los empresarios, y las dependencias gubernamentales.

La situación en el CINVESTAV

Por otra parte, como consecuencia del énfasis que en la actualidad la sociedad da a la tecnología por encima de la ciencia, dentro de los centros de investigación se genera un ambiente de incomprensión entre los que se dedican a cada una de estas actividades. Así, los "científicos" en ocasiones insinúan que los "tecnólogos" son personas que no tienen la habilidad o incluso la capacidad para entender las creaciones, avances e inventos teóricos de los primeros. A su vez, los "tecnólogos" sugieren que los primeros no hacen nada útil para la sociedad.

En ambas actitudes existe inmadurez y el deseo de reafirmar la importancia que tiene el trabajo de cada grupo. No reconocemos que ambas son actividades complementarias y eminentemente creativas, similares en este sentido aunque con diferentes líneas de acción, e incluso con diferentes metodologías. Como se indicó antes, lo importante es que se promueva la creatividad y, cuando las condiciones del país lo permitan (de acuerdo a acciones globales), se aplique esta capacidad a la solución de problemas en la industria, en la agricultura y al servicio de la sociedad en general. Es decir, en vez de disputar internamente la supremacía de la capacidad creativa, o de orientarse a resolver problemas ficticios para justificarse ante las políticas externas, debemos generar un ambiente de comprensión entre los dos grupos, aceptando cada uno las diferentes metodologías de desarrollo y evaluación del trabajo, y cooperando para lograr el reconocimiento de la importancia de nuestras actividades en México.

Todo ello nos conducirá a plantear desarrollos que impliquen la generación de nuevos conocimientos, la creación de nuevas técnicas para la solución de problemas en todos los campos, la creación de dispositivos, instrumentos y tecnologías de producción, y la generación de recursos humanos, de forma que, cuando se requiera, sea más fácil encontrar soluciones a los problemas que se planteen externamente. ¿No es esto un trabajo importante para nuestro país?

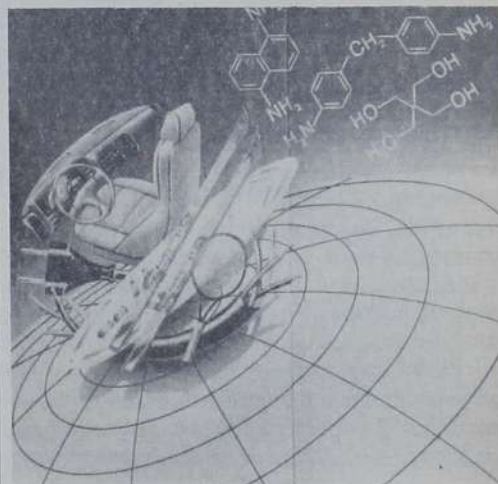
En otras palabras, debemos reconocer nosotros mismos la creatividad propia de cada uno de los grupos que integran los centros de investi-

gación, de forma tal que con una visión clara y unificada proyectemos al exterior la importancia de nuestro trabajo, que estamos en la mejor disposición y con la capacidad para participar en los procesos de modernización de la producción industrial, pero que requerimos de recursos para contar con equipos y con becas para nuevos estudiantes; que necesitamos, en fin, de la motivación y de los estímulos provenientes de la inclusión natural de nuestras actividades dentro de verdaderos proyectos coordinados para un desarrollo nacional en todos sus aspectos.

Después de todo, todavía tenemos esperanza de progreso para México y para el mundo, y deseamos contribuir a ello. ¿No lo creen así?

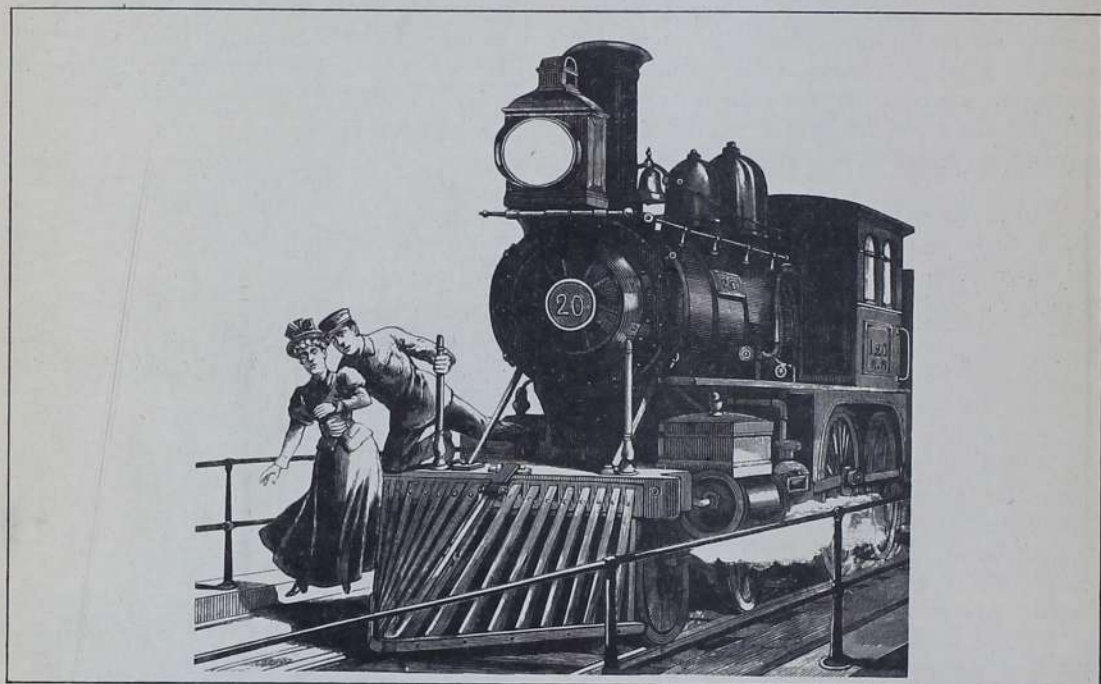
Notas

1. Entrevista con Feliciano Sánchez Sinencio, *Avance y Perspectiva*, 10, 25 (1991).
2. L.G. Gorostiza, *Avance y Perspectiva*, 10, 31 (1991).



Perspectivas de la investigación educativa en México

Trayectoria y perspectivas de la historiografía de la educación mexicana (1877-1940)



Susana Quintanilla

Presentación

El propósito de este ensayo es exponer algunas reflexiones acerca de la historiografía del desarrollo de la educación mexicana durante el período 1877-1940, sus agentes, métodos y contenidos.¹ Más que hacer un recuento de los estudios llevados a cabo, lo que pretendo es destacar algunas tendencias básicas y sugerir líneas a impulsar en el futuro. No presentaré juicios concluyentes porque no los tengo, tampoco poseo certezas ni verdades a transmitir. Al

igual que muchos de mis colegas, estoy en una etapa de duda y búsqueda, de alejamiento de aquellos esquemas que nos permitían actuar con seguridad.² Miro el pasado con la misma incertidumbre con el cual vivo el presente, con la misma desconfianza que siento hacia el porvenir.

La herencia

Mi primer contacto con la historia de la educación en México se dio en la UNAM, cuando era estudiante del Colegio de Pedagogía. Por esa época (1975) privaban en la enseñanza aquellos textos clásicos que pretendían proporcionar un panorama del devenir histórico de la educación mexicana, desde la época prehispánica hasta la posrevo-

La Dra. Susana Quintanilla realizó sus estudios de licenciatura y posgrado en pedagogía en la UNAM. Es profesora adjunta del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV. Su campo de investigación es la historia de la educación en México.

lucionaria. Estos estudios partían, por lo general, de la idea de que el sistema educativo tuvo una evolución lineal y ascendente, sin rupturas ni contradicciones, bajo la dirección de un Estado que, en respuesta a las demandas populares, amplió y diversificó los servicios educacionales hasta llegar a satisfacer el principio universal de la escuela laica, gratuita y obligatoria. Prevalecía la imagen de un desarrollo social que iba de menos a más y en el que, gracias a la Revolución y al gobierno revolucionario, se había puesto en marcha la conquista de la justicia, el desarrollo económico y la integración nacional.³

Los autores de estos libros partían de posiciones distintas y a veces antagónicas, pero compartían un rasgo común: el haber participado, por lo menos en algún momento de su vida, en la definición de la política educativa estatal. Hombres como Alberto Bremauntz, Isidro Castillo, Ezequiel A. Chávez, Larroyo, Santos Valdez⁴ y muchos más, fueron testigos y protagonistas de los sucesos que relataban. A menudo sus textos eran una prédica apasionada de sus actos (Vasconcelos) o una defensa de los principios que habían sostenido. Bremauntz, a quien muchos le debemos nuestro primer acercamiento de la educación socialista, fue un actor clave en la reforma del 33; Ezequiel A. Chávez, cuya herencia aún no ha sido valorada, fue uno de sus detractores más agudos. Esto no necesariamente resta validez a su trabajo historiográfico, aunque sí indica una forma particular de hacer historia y sumergirse en el ayer. Esta forma prevaleció en la historiografía de la educación por lo menos hasta la década de los 60.

La crítica

A principios de los 70 esta visión *anticuaria*, todavía presente en la retórica oficial, fue cuestionada, a veces satanizada, por nuevas interpretaciones que hicieron suyas las categorías, los conceptos y el sentir tanto del marxismo prevaleciente en aquel momento —de un marxismo que hemos visto derumbarse— como el conjunto heterogéneo y desigual de estudios *críticos* en torno al carácter de la Revolución de 1910, la formación del poder político en México y el desarrollo del capitalismo mexicano. Eran tiempos de cuestionamiento, de crítica

radical y de búsqueda de herramientas desde las cuales interpretar una sociedad que, a partir de 1968, después de Tlatelolco, nunca sería igual. Términos como revolución interrumpida, sociedad civil, dominación, aparatos ideológicos, desarrollo dependiente, etcétera, circulaban por los recintos universitarios, otorgándonos, con la sencillez y la claridad propias del dogma, una mirada distinta de nuestro pasado.

La historiografía crítica de la educación fue heredera de este movimiento cultural y recibió influencias de lo más variadas: la obra de Althusser, la teoría de la dependencia, la perspectiva gramsciana, la sociología de la liberación y la pedagogía soviética. En el campo más estrictamente pedagógico, habría que mencionar a Baudelot y Establet, P. Bourdieu, S. Rugio. Con base en estas corrientes, asimiladas superficialmente en un medio poco riguroso, se juzgó a la educación mexicana, misma que se nos presentaba como un monstruoso engranaje que bajo el control del estado *burgués* había coadyuvado al dominio político, la formación de los recursos humanos requeridos por el aparato productivo, la reproducción de la ideología dominante y el fortalecimiento del imperialismo.

Queda aún por hacer un balance crítico y comprensivo, que no complaciente, de esta producción historiográfica. Sólo diré que, pese a su afán diferenciador, a su necesidad por romper con los moldes tradicionales, compartía ciertos rasgos con la ortodoxia, aunque habría que reconocer que esta última fue superior en cuanto a rigurosidad académica y uso de fuentes.⁵ Eran, finalmente, dos caras de una misma moneda: la historia política de la educación. Uno de sus lados nos mostraba el camino hacia el progreso y la justicia social; el otro denunciaba los recursos de la opresión. Ambas tenían la mirada puesta en el Estado, en las reformas y el discurso del poder central. Sus fuentes básicas fueron los informes presidenciales, algunos documentos de la SEP y los textos de notables pedagogos.

Los pioneros

En este contexto cobran relevancia aquellos estudios que abrieron nuevas preguntas, *profesionali-*



zaron el campo e hicieron dudar de la validez de las ortodoxias. Paralelamente a lo que algunos autores denominan la modernización de la historiografía mexicanística, comenzaron a surgir ensayos históricos sobre el sistema educativo posrevolucionario que marcarían un hito en la formas de concebir la historia de la educación mexicana. En el plano internacional, destacan John Britton, David Raby y Mary K. Vaughan,⁶ cuyas obras constituyen, hoy en día, un parámetro para medir nuestra producción. Entre sus principales logros, que son muchos, mencionaré sólo cuatro: a) el uso de fuentes primarias hasta entonces no empleadas; b) la difusión de escuelas historiográficas prácticamente desconocidas en nuestro país; c) la utilización de recursos metodológicos novedosos y d) la inserción de nuestra disciplina dentro del debate nacional e internacional acerca de la Revolución Mexicana y el desarrollo del México moderno. Personalmente, debo a Mary K. Vaughan, única de la tríada que continúa estudiando el tema, sus enseñanzas en torno a cómo hacer una historia crítica sin renunciar a la mejor tradición del quehacer historiográfico: fiel a los hechos, sin prejuicios morales, alejada de la metahistoria.

A nivel nacional, resulta inevitable referirse a la obra realizada por el Seminario de Historia de la Educación, de El Colegio de México. Si bien su

producción acerca del pasado reciente del sistema educativo mexicano no es tan vasta, generosa e imaginativa como la de Pilar Gonzalbo sobre la Colonia o la de A. Staples y D. Tanck para el siglo XIX, este equipo abrió líneas de investigación a historiadores profesionales dedicados exclusivamente al análisis de este campo historiográfico. Su crecimiento y maduración coincidió tanto con la apertura de fuentes documentales antes inaccesibles como con el *renacimiento* de la historiografía mexicanística; coincidió, también, con un proceso de transnacionalización de la historia mexicana y el arribo a nuestro país de escuelas de pensamiento renovadoras tanto en sus formas como en sus contenidos.

La expansión

En el transcurso de mi formación como historiadora de la educación (1983-1990) tuve el privilegio de ser partícipe de un proceso difícil pero alentador, a menudo azaroso, producto de esfuerzos colectivos e individuales. No creo exagerado afirmar que en los últimos años esta disciplina recorrió un tramo importante de camino hacia la profesionalización. Este hecho puede apreciarse en el aumento tanto del número de especialistas a ella dedicados como de los productos académicos — ensayos, libros, tesis — existentes sobre el tema. Hasta hace poco tiempo eran muy pocas las instituciones interesadas en promover estudios históricos de la educación; hoy, diversas dependencias los contemplan dentro de sus programas de docencia e investigación. En un lapso relativamente breve, la historia de la educación dejó de ser una actividad marginal de unos cuantos *bichos raros* para convertirse en un espacio profesional reconocido.

Esta expansión no es un fenómeno aislado que pueda explicarse al margen de otros procesos, como el incremento de centros dedicados a la historia regional, la creciente especialización de las ciencias sociales y la necesidad, sentida por diversos sectores, de contar con una perspectiva histórica desde la cual mirar el presente y el futuro del sistema educativo nacional. Y es que la historia de la educación es una ventana privilegiada para observar los mecanismos de reproducción y de trans-

formación social. Su estudio conduce a problemas antes relegados, pero hoy vitales, como la infancia, la condición de la mujer, el trabajo, las mentalidades, la familia, etcétera. Ofrece un panorama vasto, a veces desolador, pero siempre fascinante, del devenir histórico de nuestra sociedad.

Desafortunadamente, el desarrollo de esta disciplina no ha ido acompañado de una reflexión colectiva acerca de la labor realizada. Hasta ahora, la preocupación por exponer los resultados de las investigaciones ha prevalecido sobre la voluntad, apenas entrevista, de debatir aspectos teóricos y metodológicos. Así, mientras que por un lado contamos con mucha mayor información que ayer sobre la trayectoria reciente de la educación en México, por el otro carecemos de un marco de referencia que nos permita ubicar estos aportes dentro de un movimiento más amplio, nacional e internacional, de construcción del saber historiográfico. Inmersos en una rutina que privilegia la difusión de los productos sobre la reflexión en torno a la práctica profesional, los especialistas en esta materia hemos relegado preguntas tan elementales como desde dónde, por qué o para qué hacer historia de la educación. Sin pretender cubrir esta laguna, a continuación expondré algunas reflexiones en torno a dichos problemas.

La doble especialización

En los últimos años, y como resultado inevitable de la creciente especialización de la historiografía, se ha producido una parcelarización de esta disciplina. El ideal de nuestros antecesores de reconstruir el desarrollo histórico de la educación, de aprehender su devenir en el interior de la sociedad mexicana, parece ahora una tarea imposible de lograr en forma individual. A medida que más nos adentramos en nuestras respectivas etapas temporales de estudio, mayores son nuestras renuncias y nuestra necesidades de profundizar en ciertos problemas y coyunturas.

Los historiadores de la educación hemos vivido una doble especialización: aquella derivada de nuestro particular objeto de estudio y la que se define a partir del período histórico analizado. Puesto que cada día salen a la luz nuevos descubrimientos

sobre el tema y el período específico de trabajo, nuestras posibilidades de acercarnos a otros problemas o etapas se van cancelando. Mantenerse al tanto de la producción historiográfica acerca de la época estudiada puede llegar a consumir buena parte del tiempo del historiador, impidiéndole acercarse hacia lo que colegas especializados en otros períodos históricos están estudiando. Me ha sucedido que cuando un estudiante me pregunta acerca de lo que pasó en momentos anteriores o posteriores al que me dedico, tenga que responder: *"no lo sé, está fuera de mi campo"*.

Esta especialización ha tenido, sin duda, efectos positivos, pero también resultados lamentables. Corremos el riesgo de encerrarnos en círculos altamente especializados, cerrar nuestros ojos a otros panoramas y perder el intercambio con el grupo de pares, mismo que sólo puede darse a partir de inquietudes compartidas. Las más obvias son las fuentes, los métodos y los instrumentos técnicos, pero habrá que ir más allá y plantearse cuestiones referidas a cómo mirar los procesos educativos, sus relaciones con la sociedad, sus líneas de cambio y continuidad y sus alteraciones.

El historiador de la educación, o por lo menos aquél que quiera escapar de la historia acontecimental y estrictamente política, debe tener una perspectiva de larga duración, atenta a procesos perdurables a lo largo del tiempo. Dicha mirada, indispensable para apreciar qué permanece y qué cambia, difícilmente puede adquirirse en un medio que demanda sólo saberes especializados, y exige al historiador una producción académica constante, sin importar, a menudo, su calidad.

Regiones y escenarios

Paralelamente a esta tendencia a la especialización se dio una especie de éxodo en busca de nuevos escenarios a estudiar. De la historia nacional, término con el que se designa, en realidad, las acciones del gobierno federal en materia educativa, se pasó al análisis regional y local. Este enfoque ha pasado a primer plano y puesto en evidencia la necesidad de considerar las diferencias entre estados, regiones e incluso comunidades. Con asombro hemos descubierto la heterogeneidad educativa existente en la



trayectoria de nuestro país. Hoy, la historia de la educación mexicana se nos presenta como un caleidoscopio con múltiples formas, colores y modalidades. Conforme más entrenamos nuestra vista, más fascinante nos parece esta variedad.

Nadie puede poner en duda los aportes de la historia regional al conocimiento histórico de la educación. Entre otras cosas, ha permitido llegar a profundidades que antes sólo entreveíamos, así como plantearse problemas que habían sido abordados muy superficialmente. La investigación realizada en el DIE-CINVESTAV acerca de cómo se llevó a la práctica la reforma educativa socialista en diversos estados de la República (Edo. de México, Sonora, Puebla, Sinaloa, La Laguna y Aguascalientes) es una muestra de lo que puede aportar este tipo de historiografía. Se trata de un estudio pionero, que puso en duda muchas de las tesis y los mitos prevalecientes sobre la educación durante el cardenismo y dio cuenta de cómo las características particulares de cada región definen tanto las posibilidades como las formas concretas de aplicar un proyecto educativo.

El reemplazo del historiador nacional —dominante en los inicios de esta disciplina— por el local constituye un progreso indiscutible. Debemos evitar, sin embargo, caer en la ilusión de que al unir re-

tazos lograremos armar el rompecabezas. El hecho de tener todas la piezas sueltas —objetivo que aún nos parece lejano— no asegura que obtengamos una visión global de la historia de la educación. Tal como alertó recientemente Alan Knight al referirse a la historiografía de la Revolución, el acumular datos parciales sobre un todo y quedarse contentos con la idea de que existieron tantas modalidades educativas como regiones puede ser peligroso. No es posible establecer la realidad de la educación mexicana describiendo experiencias locales o haciendo minuciosos relatos de acontecimientos atípicos. Ello supone un esfuerzo por generalizar, así como una búsqueda de bases teóricas y líneas de interpretación que aún no se ha realizado.

Los objetos de estudio

Uno de los pasos más decisivos que ha dado la historia reciente de la educación en México es su gradual alejamiento de la historiografía política, deslumbrada por los grandes acontecimientos, las reformas y los hombres de Estado, y la búsqueda de nuevos objetos de estudio. En ciertos ámbitos, sobre todo aquellos más ligados al aparato estatal, priva aún la idea de que lo educativo se reduce sólo a la escuela y que ésta es, ante todo, obra del Estado benefactor. En otros, sin embargo, existe un interés real por abrir nuevos planos de análisis, estudiar problemas no estrictamente vinculados con la institución escolar o estudiarla como un espacio en el que la presencia del Estado constituye sólo una de sus partes. En este sentido, es sintomático que las investigaciones más actuales y significativas dentro del campo analicen problemas tradicionalmente relegados: la lectura, los intelectuales, el magisterio, la familia, la vida cotidiana en las aulas, las profesiones, etcétera. Temas antes ni siquiera mencionados son ahora pertinentes; actores históricos suprimidos de la historia comienzan a atraer la mirada del historiador. Maestros, asociaciones civiles, padres de familia, alumnos, mujeres e indígenas han sido, finalmente, considerados como sujetos activos de la historia, protagonistas anónimos de una trama en la que se ponen en juego afectos, valores, intereses e ideas encontrados.

Los avances, sin embargo, son mucho menores que los obstáculos aún por salvar. Una simple

enumeración de los temas que ocupan actualmente a la historiografía europea de la educación permitiría ver el atraso en el que nos encontramos. Se ha hecho muy poco por adentrarse, por ejemplo, en la historia de los procesos educativos no institucionales. Dentro del campo institucional, no sabemos casi nada acerca de cómo funcionaban realmente las escuelas y si, en efecto, las reformas educativas lograron o no permear la actividad escolar. Mucho menos se sabe acerca de los métodos de enseñanza o de los cambios operados en la transmisión de los contenidos escolares.

La mirada

A diferencia de la historiografía crítica de la educación prevaleciente en los 70 y principios de los 80 (tan dada a las grandes interpretaciones y al uso indiscriminado de conceptos), la *nueva* historia ha sido cautelosa en el uso de marcos interpretativos y modelos teóricos. Ha sido también precavida en el empleo de aquellos juicios categóricos que tanto gustaban a los *clásicos*. Conforme más investigaciones académicas se realizan, mayores son las resistencias a emitir veredictos (aunque éstos todavía prevalezcan en aquellos estudios de la ortodoxia marxista) y más firme la tendencia a reelaborar la teoría a partir de los conocimientos parciales obtenidos.

Todo indica que, por lo menos en ciertos ámbitos, la historiografía relato (entendida como la acumulación de hechos empíricos más o menos ordenados) ha ido perdiendo fuerza. Aunque incipiente, ha surgido una nueva manera de hacer y ver la historia de la educación, en la que se conjuga, sin lograr el equilibrio perfecto, la búsqueda minuciosa del dato con elementos analíticos para su interpretación. Esta manera no ha sido desarrollada, mucho menos difundida, en forma explícita, aunque está presente en los resultados de la investigación.

El cambio arriba descrito tiene mucho que ver con el desarrollo en nuestro país de la investigación educativa y la incorporación al quehacer historiográfico de especialistas provenientes de muy diversos campos. La historiografía de la educación dejó de ser patrimonio exclusivo de los his-



toriadores y ex funcionarios del sistema educativo, para convertirse en punto de confluencia de distintas áreas del conocimiento social. Esto ha permitido, sobre todo en algunas instituciones, el establecimiento de un diálogo fecundo entre la historia y las ciencias de la educación, a las cuales acudimos en busca de categorías, técnicas e instrumentos. El trabajo realizado en el DIE ejemplifica este esfuerzo interdisciplinario.

Hacia una historia social de la educación

El principal reto al que nos enfrentamos quienes creemos en la necesidad de una historiografía alejada del *dogmatismo empírico*, que privilegie el estudio de procesos sobre la descripción de acontecimientos, es hacer de la historia de la educación un objeto nuevo de conocimiento, y no sólo un agregado de dos o tres ciencias. Esto me preocupa, porque detecto una tendencia a utilizar la historia como un referente empírico o una metodología, sin reconocerla como un cuerpo disciplinario autónomo. Incluso hay quienes creen que la única diferencia entre un historiador y un sociólogo de la educación consiste en los tiempos en los que cada uno fija su vista.

Hablar de la historia de la educación como un objeto de conocimiento, y por lo tanto susceptible de ser entendido, remite a un campo de estudio muy extenso, cuyas particularidades nos son desconocidas. A lo largo del tiempo, los fenómenos educativos han formado parte de tal cantidad de procesos económicos, culturales y políticos, que resulta una tarea casi imposible fijar linderos. Quizás por ello la preocupación básica de la nueva historiografía ha sido la de intentar descubrir las relaciones entre la educación y otros aspectos del cuerpo social. Dicho esfuerzo se sustenta en un supuesto común: la factibilidad de aprehender ese todo y, desde allí, definir las características de la educación en una época definida. Se supone que las distintas esferas de una sociedad mantienen relaciones causales entre sí. Una misma lógica, llámese desarrollo del capitalismo o progreso, domina los sucesos económicos, políticos, sociales y educativos; la función del historiador consiste en identificar los vínculos entre ellos.

Nadie puede negar que la educación atraviesa todas las estructuras materiales e ideológicas de la sociedad y que cualquier intento por analizarla al margen de ellas puede resultar infructuoso. El problema no es, por tanto, si se debe o no contemplar esa dependencia, sino la manera cómo ésta es concebida. Si algo hemos aprendido en los últimos años es que no existen vínculos mecánicos, de causa-efecto, entre la educación y los cambios económicos, políticos, culturales. Las investigaciones regionales han puesto en tela de juicio la existencia de un sistema educativo nacional homogéneo; estudios recientes sobre la política educativa del gobierno revolucionario han destacado la fragilidad e inoperancia de las iniciativas estatales; los pocos ensayos interpretativos acerca de la actividad del magisterio y la práctica cotidiana en el aula indican que existe una gran distancia entre los niveles discursivos o programáticos y lo que sucede dentro de la escuela. En suma, mientras más profundizamos en el pasado, más lejos estamos de encontrar estructuras firmes, continuas y homogéneas; por el contrario, lo que prevalece es la discontinuidad, la contradicción y las alteraciones. Los procesos educativos poseen su propia historia, cuyos ritmos y lógica particulares no necesariamente coinciden con los de la historia económica, política y cultural.

El esquema convencional que se ha utilizado tradicionalmente en la investigación histórica de la educación ayuda muy poco para dar cuenta de tales discordancias. Un ejemplo de ello es la utilización, casi incuestionada, de periodizaciones ajenas a la dinámica educativa, definidas a partir de sucesos políticos trascendentales para el país pero con una resonancia menor en el ámbito educacional. La Revolución fue, sin duda, un movimiento que transformó las estructuras sociales. Sus efectos en la educación fueron, sin embargo, desiguales; algunos inmediatos y otros, quizás los más importantes, se manifestaron a largo plazo. Establecer una tajante separación entre la *educación porfirista* y aquella propia de la etapa revolucionaria resulta, entonces, una falacia. Más que una educación típica de cierta época, lo que podemos encontrar son sedimentos históricos que coexisten en cada institución, discurso y lugar.⁷

Las fuentes

Paralelamente a lo que podríamos denominar una labor reconstructiva del objeto de estudio, se han modificado tanto los modos de abordar los problemas como el tipo de fuentes a las que acudimos en búsqueda de información. En años recientes hemos sido testigos del auge de nuevas metodologías (análisis de discurso, historia comparada, historia oral, etcétera) y de la apertura y el uso de fuentes antes inaccesibles. Cada día son más los trabajos sustentados en archivos municipales, estatales, personales o institucionales, testimonios, entrevistas, ensayos autobiográficos, informes, cartas, fotografías, etcétera. Y es que el análisis de los procesos educativos del pasado exige detectar, ensamblar e interpretar una serie de signos dispersos en numerosas fuentes. Muchas de ellas ya forman parte de la actividad cotidiana del historiador; muchas más, quizás más de las que pudiéramos imaginar, esperan ser desempolvadas. El crecimiento de la historiografía de la educación coincidió con la apertura y la clasificación, hecha por archivistas profesionales, de acervos institucionales, entre los que destaca por su importancia el Archivo Histórico de la SEP. Esto permitió a los investigadores un mayor acceso a documentos que hoy podríamos calificar de uso *obligado*, como los informes de inspectores. Al mismo tiempo, se pusieron a disposición del público archivos personales tanto de algunos protagonistas de la educación me-

xicana (Ezequiel A. Chávez y Palomar y Vizcarra, entre otros) como de altos funcionarios. El paciente trabajo de Luz Elena Galván en el archivo de Porfirio Díaz constituye un ejemplo de cómo utilizar estos papeles privados.⁸

El proceso arriba descrito benefició la producción historiográfica, dándole un mayor rigor académico y abriéndole puertas ayer clausuradas. Es de preverse que en adelante dispongamos de un número de fuentes primarias mucho mayor al presente y que los historiadores de la educación nos enfrentemos a un cúmulo de datos nuevos que difícilmente podremos procesar. Cada documento sugiere una metodología y puede ser analizado desde distintos ángulos, de modo que, siempre que sepamos plantear las preguntas adecuadas, admitirá varias lecturas.

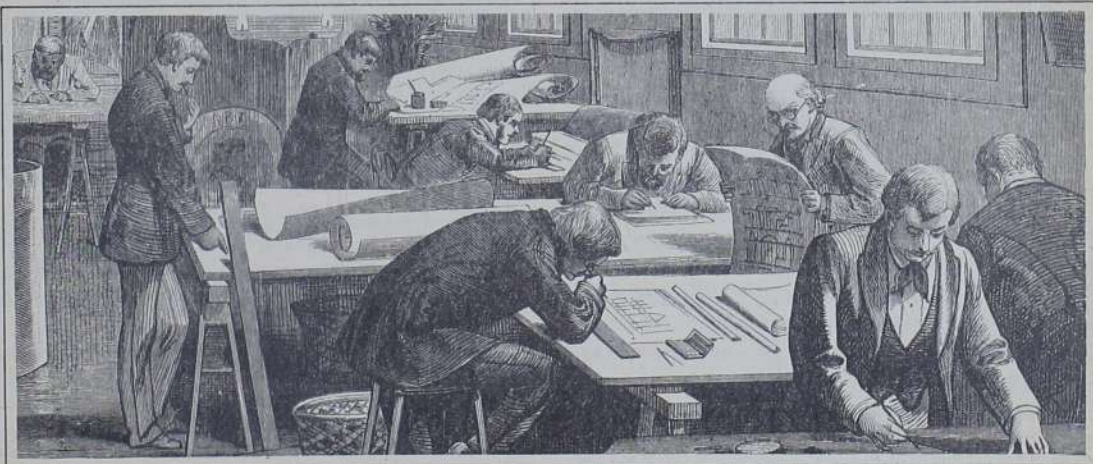
Nadie debería estar en contra de la experimentación de nuevas propuestas metodológicas ni ser renuente al empleo de fuentes novedosas o despreciadas por la historiografía convencional. Lo que sí resulta preocupante es cierta proclividad (presente sobre todo en quienes pretenden estudiar la educación popular, su asimilación o rechazo de la cultura dominante) a legitimar los productos de las investigaciones por la vía de los métodos y los documentos utilizados. Es cierto que el encuentro, siempre placentero, con huellas documentales a rastrear marca, a menudo, los rumbos de un estudio. Esto no justifica, sin embargo, que hagamos de la *cacería* el propósito básico de nuestro trabajo. Tampoco es válido

juzgar la calidad de un ensayo sólo con base en la metodología empleada.

Los retos

El nacimiento de una nueva disciplina está condicionado por la creación de un grupo gremial dedicado profesionalmente a ella, al desarrollo de ciertas bases institucionales y al surgimiento de instancias que legitimen los saberes producidos. Aunque aún incipientes, estos elementos ya existen en nuestro país para el caso de la historia de la educación, y estamos obligados a darles protección y encaminar su crecimiento. No son, lo sé, los mejores tiempos para hacerlo. La crisis económica y el palpable deterioro de la vida académica vuelven casi utópica cualquier propuesta y cancelan todo optimismo con respecto al futuro. Tendremos que madurar en un contexto adverso, de competencia por recursos y fortalecimiento de las jerarquías burocráticas. Peligros ya presentes, como la centralización de la labor investigativa en ciertos centros privilegiados, la diferenciación entre los investigadores reconocidos y los demás, la escasez de recursos y el debilitamiento de la actividad intelectual no serán revertidos. Incluso deberíamos prever que en los próximos años se cancelarán algunas conquistas.

Frente a esta situación, es indispensable asegurar, para nosotros y nuestros sucesores, un patrimonio cultural, disciplinario y material. Estamos en un momento clave, en el que cualquier estancamiento significaría un retroceso. Encerramos en



nuestro pequeño mundo cotidiano, sin dirigir la vista hacia el mañana, podría traer consecuencias adversas, de las cuales me preocupan dos: la formación de investigadores especializados en el campo y la *pauperización* intelectual de la disciplina.

En cierto modo, y salvo honrosas excepciones, todos los que actualmente nos dedicamos a la historia de la educación recibimos una formación autodidacta e improvisada. Nos capacitamos sobre la marcha, en el transcurrir diario de nuestro trabajo. Algunos tuvimos el privilegio de contar con la tutoría y el apoyo de personas con un largo camino recorrido; otros, los más, hemos marchado solos, sin contar con quien compartir dudas e inquietudes. Aprendimos el oficio en la práctica, adscritos a instituciones diversas, con propósitos, trayectorias, niveles académicos y condiciones de trabajo heterogéneas. Inclusive hay quienes realizan su labor en forma independiente, al margen de la academia y sin apoyo institucional.

La formación de investigadores es un proceso poco planeado, casi azaroso. Ninguna escuela puede sustituir la experiencia adquirida en el ejercicio directo de la profesión. Acciones como el establecimiento de un posgrado dirigido a formar especialistas de alto nivel en la materia que nos ocupa no asegurarían que en un plazo razonable contáramos con más y mejores historiadores de la educación. Deberíamos pensar y poner en práctica, sin embargo, mecanismos menos formales, más abiertos e imaginativos, que propicien cosas tan elementales como la transmisión de una generación a otra de la experiencia, el saber y las *mañas* acumuladas. Oír y aprender de quienes, independientemente de sus posturas teóricas, han ejercido esta profesión resulta siempre una experiencia edificante.

Señalaré, por último, lo que considero el mayor peligro a enfrentar en el futuro por quienes nos dedicamos a esta área de la historiografía: el encierro con respecto al exterior y el consecuente desarrollo de un conocimiento disciplinario limitado a los aportes nacionales, que tenga como únicos parámetros la producción interna, a los compañeros de *establo* y las lecturas que circulan en nuestro país. Sabemos muy poco acerca de lo que se realiza en otras naciones dentro del campo de la historia de la educación; los materiales llegan

con retraso y a precios que ningún investigador puede costear. Las revistas internacionales especializadas son prácticamente desconocidas; algunas llegan a ciertas instituciones de la capital, pero son inaccesibles para quienes trabajan en la provincia y tienen menores posibilidades tanto de asistir a reuniones internacionales como de estar en contacto con los académicos de alto nivel.

De seguir así y no revertirse esta tendencia, desarrollaremos una historiografía de la educación conceptual y culturalmente muy pobre, replegada hacia sus querellas internas, circunscrita a experiencias locales y poco apta para competir en el mercado internacional. En poco tiempo tendremos un pequeño gremio profesional sustentado en la admiración mutua y que haría improbable el crecimiento de una obra generosa. Este es, quizás, el terreno que nos conviene para el sostén de los privilegios, mas no para el cultivo de la creatividad. Esta requiere más, mucho más. ☼

Notas

1. Por razones de espacio, sólo me referiré a la historiografía producida sobre la educación primaria, el magisterio y otros temas no estrictamente vinculados con la escuela. Dejé de lado la producción historiográfica acerca de la UNAM y la enseñanza superior y los conflictos estudiantiles.
2. Esta "desconfianza" se ha dado en forma endémica dentro de las ciencias sociales y constituye uno de los rasgos más característicos de la investigación educativa actual.
3. Dicha imagen reproducía, de hecho, la visión ortodoxa de los años 30 y 40 con respecto a la Revolución Mexicana.
4. Véase, por ejemplo, A. Bremauntz, *La educación socialista en México: antecedentes y fundamentos de la reforma de 1934*, México, 1934; E. Chávez, *De cómo no existieron 47 años de historia de la educación en México*, México, E.A. Chávez, A.C., 1971.
5. Incluso muchos de estos trabajos utilizaban como fuentes básicas los textos a los cuales criticaban y de los que pretendían diferenciarse.
6. J. Britton, *Educación y radicalismo en México*, 2 vols., Sepsetentas, SEP, México, 1976; D. Raby, *Educación y revolución social*, Sepsetentas, SEP, México, 1974; M.K. Vaughan, *The state, education and social class in Mexico 1880-1928*, Northem Ill. Univ. Press, Dehalb, 1982.
7. S. Quintanilla, "Cultura popular y escuela en el porfiriato", en: *La educación mexicana: perspectivas regionales*, UV, Xalapa, 1990.
8. L.E. Galván, *Los maestros de ayer (un estudio histórico sobre el magisterio: 1887-1940)*, Cuadernos de la Casa Chata, México, 1981.

Evaluación institucional y procesos de legitimación



Josefina Granja Castro

A diferencia de la mayoría de los sólidos campos de investigación educativa reunidos en este número de *Avance y Perspectiva*, el que se describe ahora es ante todo un ámbito en configuración. Ello no por la ausencia de conocimiento acumulado en torno a la temática de la evaluación que, como se verá más adelante, es extensa, sino porque intenta abrir los parámetros dominantes mediante los cuales se explican las prácticas de evaluación a partir de los procesos de legitimación entre escuela y sociedad. La intención de este artículo es trazar un perfil de investigación de este ámbito efectuando primero un recorrido sumario de las formas en que ha sido abordado el problema de la evaluación.

El campo conceptual en torno a la evaluación

Una revisión selectiva de la producción referida a este campo permite advertir, en primera instancia, la presencia de diversos sentidos en el uso de esta noción, perfilándose asimismo la prevalencia de dos tipos de lecturas como horizontes explicativos de este objeto de conocimiento. Vayamos por partes.

Sentidos del término evaluación

La evaluación asume distintos usos y sentidos al asociarla con diversos aspectos o ámbitos que componen el quehacer educativo. Así, se habla de evaluación con referencia al aprendizaje de los alumnos; los modelos curriculares vía los conteni-

La M. en C. Josefina Granja Castro es licenciada en sociología de la UNAM y maestría en ciencias (Educación) del CINVESTAV. Es profesora auxiliar del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV. Su campo de interés es la evaluación educativa.



dos, objetivos y actividades de los planes y programas; el desempeño docente; el funcionamiento de planteles educativos y, en su nivel más agregado, el conjunto de instituciones que componen un sistema de enseñanza.

Paralelamente a estos sentidos posibles de la evaluación, se advierte en la producción sobre este campo de conocimiento la presencia de, por lo menos, dos tipos de posiciones interpretativas sobre la evaluación: por una parte lecturas que la fijan como problema instrumental de cuantificación y medición; y por otra, lecturas críticas que, sin despojarla de este sentido racional-instrumental, apuntan hacia el cuestionamiento de esta práctica al enfatizar las implicaciones y efectos sociales, institucionales e individuales que conlleva su ejercicio sistemático.

Las posiciones instrumentalistas de la evaluación

Apoyado en las premisas de la psicología conductista y del método experimental se ha desarrollado

un discurso sobre la evaluación centrado en la teoría de la medición y en el problema de los instrumentos. Los autores pioneros y los textos ahora clásicos coinciden en este tratamiento analítico de la evaluación definiéndola como “el acto de comparar una medida con un estándar y emitir un juicio basado en la comparación” o como “una interpretación de una medida —o medidas— en relación a una norma establecida”. En la posición extrema se llega incluso a hacer sinónimos evaluación y medición, reduciendo y subsumiendo los problemas de la evaluación a la elaboración de los instrumentos de medición, su aplicación correcta y la interpretación de los datos que así se obtienen.

La noción de evaluación concebida en estos términos, es decir, estructurada como práctica cuantitativa de medición, se centra en los componentes técnicos que deben sostener al diseño de pruebas. Estas, a su vez, han alcanzado un importante nivel de diversificación y sofisticación fijando en este plano de construcción teórico-experimental los criterios de *objetividad*, *neutralidad* y *validez* a los que se apela desde las posiciones de estas lecturas de la evaluación. Para evaluar, según tal perspectiva, basta con aplicar pruebas específicas, rigurosamente elaboradas, en las que se plasmen evidencias (de aprendizaje, desempeño, funcionalidad, etc.) que permitan valorar el grado de consecución de ciertas metas mediante su cuantificación.

Las posiciones críticas sobre la evaluación

El reconocimiento de que la evaluación es un proceso más complicado en el que se juegan otra serie de factores y no sólo la sofisticación técnica, los usos de los instrumentos de medición y su correcta interpretación, es el punto de partida de estas posiciones para las cuales la evaluación no debe ser *reducida* a su dimensión operativa e instrumental de cuantificación.

Abrevando en distintas tradiciones del pensamiento social y pedagógico se perfila una línea crítica sostenida en el cuestionamiento de las funciones que desempeñan los procesos de evaluación y los efectos sociales, culturales y políticos que conlleva. La posición de interés se desplaza de los aspectos instrumentales y operativos hacia el

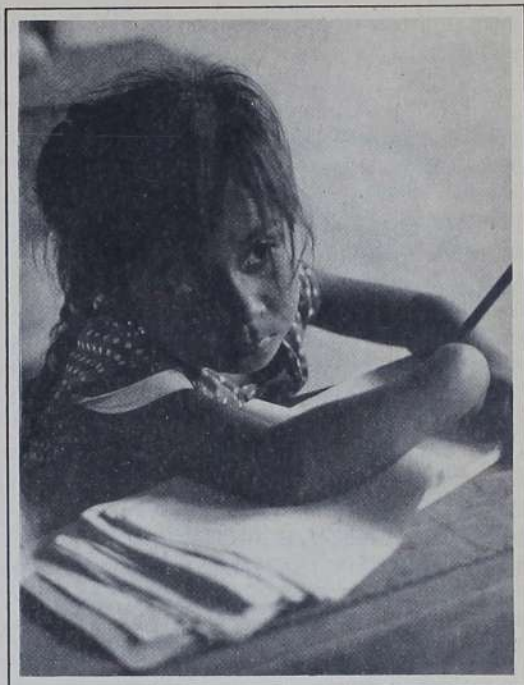
reconocimiento de la evaluación como práctica socialmente determinada y sus implicaciones.

Algunas de las temáticas que estructuran y dan cuerpo a esta línea de análisis sobre la evaluación son: la revisión histórica respecto del origen y funciones de los exámenes escolares y, de manera más general, la génesis social de la noción de evaluación; la evaluación y los exámenes analizados como mecanismos de selección social legitimados y estrechamente ligados al carácter selectivo de la escuela; los procesos de evaluación como prácticas institucionales que inciden en la organización del trabajo escolar y como formas de control sobre docentes y alumnos; la evaluación como mecanismo administrativo de control sobre lo académico, en donde se vislumbran tensiones entre las lógicas de organización y ordenación administrativa y las lógicas de transmisión de los contenidos de conocimiento; los efectos sociales de la producción y distribución de certificados y títulos escolares que se expiden sobre la base de una larga trayectoria evaluativa recorrida *satisfactoriamente*; la evaluación como proceso en que se juegan relaciones entre sujetos y se propician espacios de identificación para ellos; el cuestionamiento de los supuestos cientificistas de *neutralidad*, *validez* y *objetividad* en que se sostienen los procedimientos instrumentales de evaluación apelando a que, incluso en las operaciones técnicas, subyacen suposiciones teóricas.

El recuento del campo analítico sobre la evaluación expuesto hasta aquí permite reconocer planteamientos ausentes y problemáticas incipientemente desarrolladas que sirven ahora como punto de partida para ensayar una propuesta de aproximación conceptual al problema de interés.

La construcción del objeto de conocimiento: esbozos de una aproximación conceptual

El problema de la evaluación se revela como un campo fértil para la elaboración teórico-conceptual de perspectivas analíticas sugerentes. Frente a las alternativas interpretativas sobre la evaluación analizada ya sea como técnica instrumental o co-



mo práctica institucional es posible postular una aproximación a ella desde la problemática más amplia de los procesos de legitimación (en el sentido señalado en el inciso anterior) y desde el punto de vista del análisis discursivo.

Concebir la evaluación como una práctica discursiva permite configurar una zona de convergencia donde se recupera y resignifica su carácter de proceso instrumental (sus mecanismos, rutinas y criterios de cuantificación, el conjunto de componentes y dispositivos que le dan cuerpo) y su condición de práctica social (los principios y criterios en que se funda, los actos de institución que la sostienen, los actores que involucra y las implicaciones que genera). Ambos referentes —proceso instrumental y práctica social— alcanzan con el concepto de práctica discursiva un nivel de articulación que permite analizarlos como elementos asociativos, y no como polos que conducen la interpretación en una u otra dirección privilegiando ya sea su sentido instrumental o su sentido social.

Las posibilidades de construcción conceptual que se desprenden al entender la evaluación como

práctica discursiva se aprecian en los distintos planos de interpretación que se bosquejan en seguida.

1. El acercamiento a la evaluación como práctica discursiva permite analizar las formas a través de las cuales esta práctica (sus procedimientos, criterios, reglas, mecanismos, secuencias y objetos) existe en y se articula con redes de significación social entendidas como conjuntos de valores y representaciones asentadas en el plano "cultural", y que socialmente se postulan como principios dominantes que organizan y sustentan la vida colectiva. Los grandes postulados de *racionalidad, control, eficiencia y calidad* que atraviesan y sostienen al discurso evaluativo pueden ser analizados en la perspectiva de redes de significación socialmente construidas. Por esta vía se engarzan también los juicios de valor que son intrínsecos a las prácticas evaluativas, manifestándose el carácter relativo y contingente de los juicios producidos que, lejos de ser valoraciones *neutras y objetivas*, se traslucen como acciones cuyos significados se inscriben en campos específicos de relaciones sociales de poder.



2. El concepto de práctica discursiva funciona como categoría que permite deslizar el problema de la evaluación en diferentes planos de análisis identificables de manera operacional, pero entrecruzados en su existencia concreta (de hecho, la propia noción de discurso explicitada anteriormente exige pensarlos como planos relacionales).

Plano de análisis político: la evaluación como proceso socialmente configurado se halla atravesada por determinaciones políticas entendidas como relaciones de fuerza y poder que se juegan tanto entre el Estado (o sus organismos centrales) y las instituciones de la sociedad, como al interior de las propias instituciones entre sus instancias de dirección y los diversos ámbitos organizados de actividad (docencia, investigación, etc.).

Las coyunturas en que se fijan estrategias de evaluación, los criterios que se establecen, las posiciones que se generan (contestatarias, de adhesión, etc.) frente a las formas de definición vertical que asume la evaluación, son los canales en que circulan las relaciones de poder que atraviesan a esta práctica, relaciones que una vez más se hallan inscritas en sistemas de representación, en órdenes sociales más extensos.

Desde este plano es posible analizar las relaciones de poder que atraviesan a la evaluación como formas de intervención y dirección, como mecanismos de control, vigilancia y legitimación. Cuando la dirección y el control del Estado sobre las instituciones se han relajado, la evaluación opera como mecanismo para recuperar niveles legitimados de intervención y vigilancia.

Plano del análisis de la institución: la evaluación como proceso verticalmente establecido irrumpe en el orden institucional (en sus modos organizacionales, en su temporalidad interna, en sus márgenes de significación) instaurándose como una forma de intervención sobre el trabajo institucional.

Frente al carácter heterogéneo de las instituciones de educación superior, la tendencia unificante de los criterios que sostienen a la evaluación produce tensiones diversas: se promueven reformulaciones y ajustes de tal forma que el discurso

evaluativo al transitar por los márgenes del orden institucional incorpora nuevos significados, usos y matices de sentido a los postulados de *racionalidad, eficiencia y calidad*. El análisis de la evaluación desde el plano de la institución permite recuperar un nivel específico en el que se juegan prácticas de articulación y relaciones de fuerza y poder. Por medio de estas relaciones es posible reencauzar, resignificar o rectificar las formas y criterios en que transcurre la evaluación al interior de la institución.

Por otra parte, durante el desarrollo y ejecución de los procesos de evaluación dentro de la institución se instauran esquemas de interpelación y espacios de identificación para los actores institucionales: se proponen y asumen roles, se establecen jerarquías y relaciones de subordinación que operan de manera específica. Esto es, se constituyen identidades a partir de las posiciones que los actores ocupan dentro de la estructura de prácticas de la evaluación generándose formas de organización e interacción susceptibles de ser analizadas.

Plano de análisis de los procedimientos: Los mecanismos, las rutinas, las secuencias, los ejecutores, etc., constituyen los elementos que le dan existencia material a la evaluación. Tales condiciones materiales no son vistas como propiedades inmanentes derivadas de algún tipo de esencialismo atribuido a la evaluación como procedimiento técnico e instrumental; son analizadas más bien como elementos que forman parte de un sistema de significaciones que las relaciona bajo formas específicas. Aquí se abre una posibilidad para debatir los supuestos de *neutralidad y objetividad* en que se funda el discurso evaluativo.

Por otra parte, este plano de análisis sobre la evaluación acepta una aproximación referida a sus formas lingüísticas, es decir, a los formularios que se aplican en cualquier proceso evaluativo. Con ellos se recaban ciertas formas de conocimiento sobre la institución: traducción de un conjunto de actividades específicas e interrelacionadas a una secuencia de indicadores independientes entre sí, planteamiento de criterios equivalentes, mecanismos que permiten constantes deslizamientos de lo cualitativo del trabajo institucional a lo cuantitativo de los indicadores numéricos, lógicos de recomposición de las

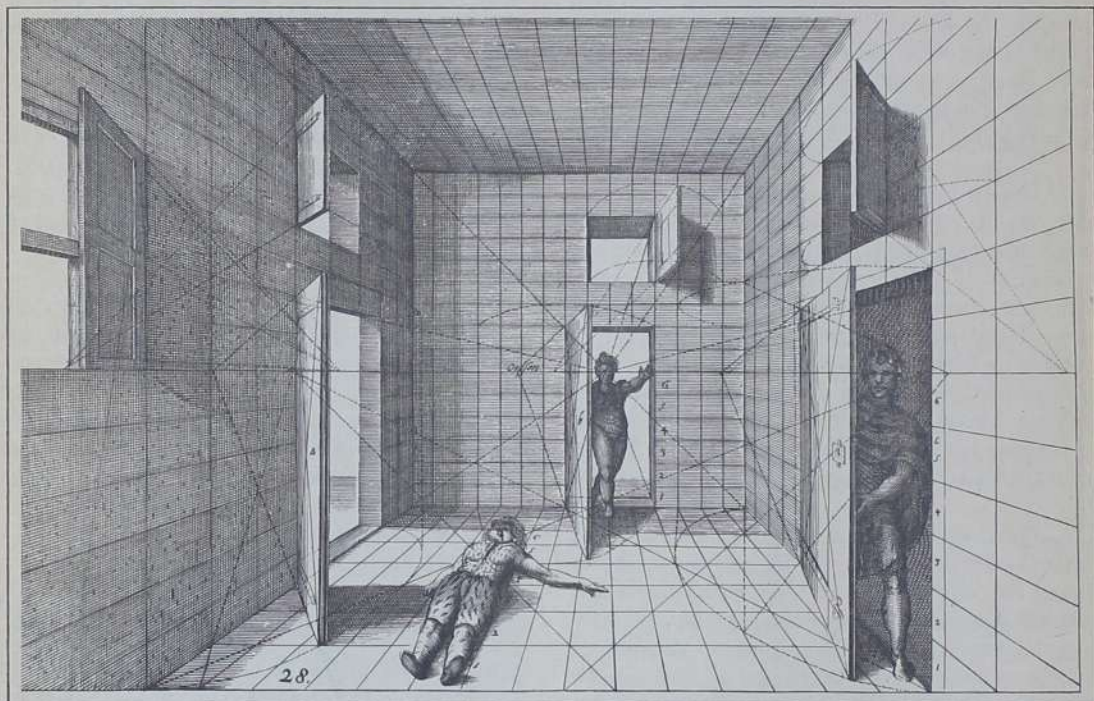
partes para configurar la totalidad comprensiva con que se presentan los informes, etc.

Plano del análisis de los productos: como resultado de los procesos de evaluación se generan informaciones sobre rasgos generales del funcionamiento institucional, diagnósticos y descripciones que se prefiguran como formas de conocimiento, como saberes acerca de la institución. En este sentido interesa proponer y analizar la evaluación como práctica social de la que se desprende cierto tipo de conocimiento sobre la institución y sus actores, que sirven de base para configurar la legitimidad atribuida a la toma de decisiones políticas sobre las instituciones de educación superior.

Interrogar los viejos temas de investigación y los parámetros teórico-metodológicos que han trazado su configuración como objetos de conocimiento a partir de nuevos marcos de problematización que puedan hacer surgir relaciones y articulaciones virtuales, es intentar ampliar lo conocido del objeto y los parámetros que nos han permitido conocerlo; es aprovechar el conocimiento acumulado para preguntarse por lo que desde él ha quedado excluido.



La investigación en didáctica de la matemática. Un problema actual



Irma Fuenlabrada

La didáctica tradicional

Cuando analizamos el esquema didáctico tradicional de la matemática, nos encontramos frente a un modelo repetitivo que ha reducido el aprendizaje de esta área a la realización mecánica de sus procedimientos; se ha mostrado al educando como un objeto rígido que no admite cuestionamiento, donde hay que seguir paso a paso las indicaciones del maestro. Esta manera de proceder ha limitado las posibilidades cognoscitivas del sujeto y ha coadyu-

vado a crearle un tabú: la matemática es inaccesible.

El modelo de enseñanza clásico ha hecho una reconstrucción tipificada del saber matemático: primero se *enseñan* los conceptos y luego se ve qué tipo de problemas son resueltos por éstos. Es por ello que primero se enseña a sumar y después a resolver problemas aditivos, primero a multiplicar y después problemas multiplicativos.

La enseñanza y el aprendizaje de la matemática constituyen un problema pedagógico y cultural, de comunicación de un saber y del papel que juega dentro de una sociedad determinada. ¿Por qué se han olvidado las cualidades del conocimiento matemático, que constituyen su interés y

La M. en C. Irma Fuenlabrada es profesora adjunta del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV. Obtuvo su grado de maestría en Matemática Educativa en el Cinvestav. Su área de investigación es la didáctica de la matemática del nivel básico y de formación de docentes.

funcionalidad? La matemática es ante todo una apertura, un estado de espíritu de confrontación metódica con una gran variedad de problemas, donde se mezclan creaciones, nociones e imágenes que construimos antes de asimilar los conceptos elaborados a los que la matemática ha llegado.

La enseñanza (y no sólo de la matemática) se encuentra bajo el signo de la reproducción, dentro de un engranaje de ritos: se presenta al educando en forma lineal, la mayoría de las veces empleando siempre el mismo tipo de razonamiento. De esta manera, se han dejado de lado los puntos de controversia y sobre todo la historia de las ideas mismas. Existe además una gran tendencia a descontextualizar los conocimientos y los métodos haciéndolos perder todo su valor formativo, rehuyendo las preguntas a las que este conocimiento pretende responder y las funciones para las cuales los conceptos y los métodos fueron creados.¹

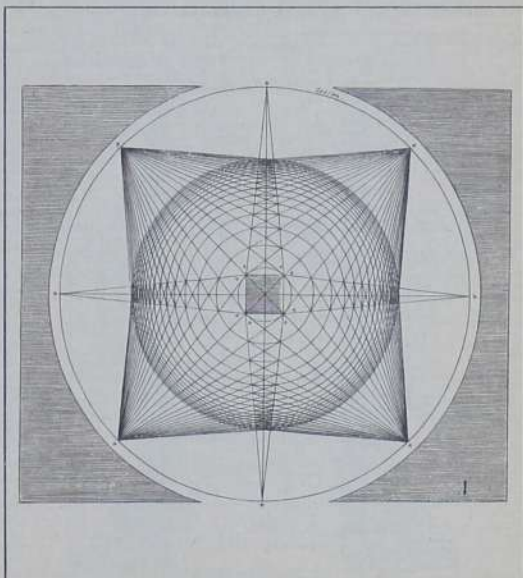
Hasta hace poco tiempo no existía en el sistema educativo la preocupación de evaluar la posición del niño ante el saber. Desde luego, no nos referimos a lo que ha memorizado para el examen de la semana siguiente, sino lo que realmente ha adquirido en tanto que saber operacional y funcional, como posibilidad real para dominar su medio ambiente inmediato y futuro.

La enseñanza tradicional de la matemática se ha caracterizado por comunicar al alumno un cierto número de conocimientos con el objetivo de hacerlo participar del pensamiento del grupo al que pertenece. Para lograr esto pareciera ser suficiente determinar cuáles son los contenidos mínimos. Pero el problema no es tan simple, ya que los diferentes estudios de la psicología genética han mostrado que el modo de pensar del niño y del adolescente no corresponden a un modelo reducido del adulto, sino a otro muy diferente; sus estructuras mentales no corresponden a un modelo reducido del pensamiento del adulto, sino que tienen estructuras mentales que se suceden.

Existe un desfase total entre el esquema de aprendizaje que el maestro practica y el aprendizaje real, tal y como opera en el alumno. El maestro interviene, según su plan, según su modo de pensar y sus conceptos. La mayoría de las veces los ni-

ños y adolescentes que poseen otras estructuras culturales no pueden comprender al maestro. Entonces memorizan bajo coacción conocimientos que les son ajenos porque no los comprenden, no les atañen. El conocer para el alumno no puede sintetizarse en una suma de informaciones que se le ha transmitido. En realidad, la información sólo es útil para la gente ya informada!

Esto no significa que en el aula no deba darse información al niño, sólo queremos señalar que no puede fundamentarse todo el proceso de enseñanza en un acto de informar. De hecho, cuando la información responde a una necesidad del niño y pertenece al mismo tipo de operación que él domina, le resulta útil y la incorpora a sus esquemas propios. Sin embargo, ¿cuándo se debe dar esta información? Por otro lado, el alumno nunca llega al salón sin traer consigo una infinidad de conocimientos empíricos sobre las cuestiones que se tratan en clase. Tampoco podemos evadir las preguntas espontáneas del alumno pues inhibiríamos su actitud de búsqueda y, consecuentemente, los docentes estaríamos limitando nuestras posibilidades de *ver* qué es lo que está pensando el alumno. Pero, ¿cómo manejar estas preguntas?, ¿qué curso darles?, ¿hay que inventar para cada tipo de dificultad un tipo diferente de intervención del maestro?

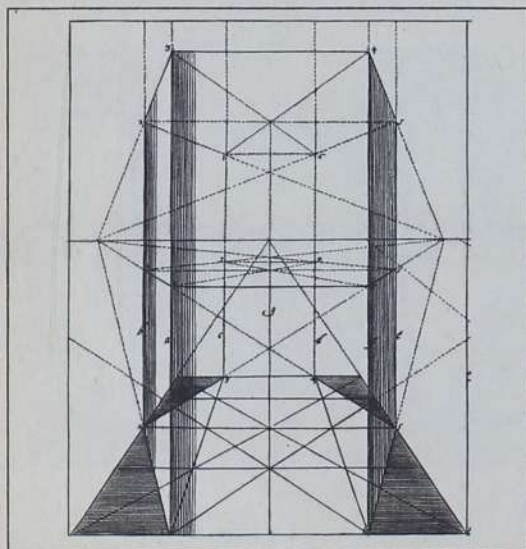


La investigación en didáctica de la matemática

Fue necesario esperar muchos siglos para que el problema de la enseñanza de la matemática fuese visto como un problema de investigación. No fue sino hasta la década de los sesenta del presente siglo cuando empieza a ser tratado como tal. En particular, en el Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV, un grupo conformado por profesionistas de diferentes disciplinas (matemáticas, psicología y pedagogía) empezó en 1978 a desarrollar investigación sobre didáctica de la matemática en el nivel básico. La postura teórica que orientó a la investigación se ubica dentro de las corrientes constructivistas del conocimiento.²

Para aproximarse a la solución del problema de la enseñanza y el aprendizaje de la matemática fue necesario comprender los obstáculos epistemológicos que enfrenta el alumno. Además, hubo que entender y analizar las concepciones que los docentes tienen sobre su quehacer profesional, así como las posibilidades de los procesos de reconceptualización de la práctica docente.

El elemento más importante del proceso didáctico es la relación alumno-conocimiento-maestro dentro de un espacio particular que es el aula.



Este espacio está diseñado y controlado por la didáctica. Debe ser tal que permita que entre el sujeto y el medio (maestro, compañeros y saber) se establezca lo que se conoce como dialéctica de la acción. Esto es, el estudiante reforzará o abandonará sus propios modelos mentales al ser enfrentado a una situación de aprendizaje.

Si la acción de aprendizaje es exitosa, estos modelos tenderán a debilitarse; pero si no es así, el estudiante tenderá a enriquecer sus propios modelos mentales. La dialéctica de la acción conduce a la creación por el sujeto de modelos implícitos que regulan esta acción. Se trata en un principio de la asociación de ciertos estímulos a ciertas respuestas.

En otro orden de ideas, se hace necesario revisar las nociones que poseemos sobre las relaciones entre el lenguaje y la acción. La lógica no procede directamente del lenguaje sino de una fuente mucho más profunda que se hallaría en las coordinaciones generales de la acción. Las acciones son susceptibles (previas a todo lenguaje y a un nivel puramente sensoriomotor) de repetición y generalización, constituyendo lo que podríamos llamar esquemas de asimilación. Estos esquemas se organizan con arreglo a leyes cuyo parentesco con la lógica es innegable.

En lo que se refiere a la enseñanza tradicional de la matemática, ha sido un grave error haberse limitado al plano del lenguaje y haber dejado de lado el papel de las acciones. En los alumnos de preescolar y primaria la acción sobre los objetos resulta totalmente indispensable para la comprensión de las relaciones aritméticas y geométricas.

El rechazo de los maestros a cualquier acción y/o experiencia material resulta comprensible, puesto que ven en ellas un recurso a las propiedades físicas o bien al relajamiento de la disciplina interna del grupo y temen que las constataciones empíricas constituyan un estorbo para el desarrollo del espíritu "deductivo y puramente racional" característico de la matemática.

Pero se trata en realidad de un mal entendido; hay dos formas muy diferentes de experiencias ligadas a las acciones materiales: (i) Las experiencias físicas consistentes en actuar sobre los objetos

a fin de descubrir propiedades que éstos ya poseían antes de su manipulación, como podrían ser el peso, elasticidad, etcétera. (ii) Las experiencias lógico-matemáticas, en las cuales la información no se obtiene a partir de los objetos particulares en tanto que objetos físicos, sino a partir de las propias acciones (o de sus coordinaciones) que el sujeto ejerce sobre ellos; por ejemplo, si un niño cuenta una hilera de piedritas de derecha a izquierda y encuentra que hay diez, y luego cuenta de izquierda a derecha y vuelve a encontrar diez, acaba por darse cuenta de que el resultado diez es independiente del orden. Es evidente que ni la suma ni el orden son algo propio de las piedras antes de que el sujeto las ponga en fila o las reúna formando un todo. Esto quiere decir que lo que el niño ha descubierto es que la acción de reunir da resultados independientes de la de ordenar; las propiedades físicas de las piedras no intervienen para nada en lo anterior.³

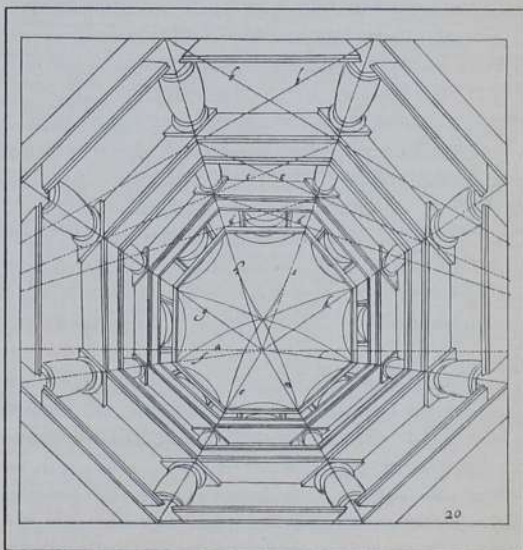
Ahora bien, este papel inicial de las acciones y las experiencias lógico-matemáticas no son un obstáculo para el desarrollo del espíritu deductivo; son precisamente la preparación para llegar a él, y esto por dos razones. La primera es que las operaciones mentales o intelectuales que intervienen en estas deducciones se derivan justamente de las acciones: se trata de acciones interiorizadas; cuando esta interiorización —junto con las coordinaciones que supone— sea suficiente, las experiencias lógico-matemáticas, en tanto que acciones materiales, resultarán inútiles y la deducción interior se bastará a sí misma. La segunda razón es que las coordinaciones de las acciones y las experiencias lógico-matemáticas dan lugar, al interiorizarse, a la formación de una variedad particular de abstracción que corresponde a la abstracción lógico-matemática. Sin embargo, para que empiece a aparecer objetivamente un concepto matemático el sujeto debe expresar, con respecto a una situación, informaciones pertinentes en un lenguaje convencional.⁴ Es necesario que él construya una descripción, una representación, un modelo explícito.

Si queremos que la creación de un modelo explícito siga nuestro esquema didáctico⁵, es necesario que ese modelo sea útil a la obtención de un resultado. El sujeto puede obtener sobre la situa-

ción ciertas informaciones, pero no llega por su sola acción a obtener el resultado esperado ya sea porque sus informaciones son incompletas o porque sus medios de acción son insuficientes.

En este momento la secuencia didáctica plantea situaciones denominadas de formulación que dan lugar a una dialéctica de formulación. El sujeto se da cuenta que otras personas han actuado sobre la situación de manera favorable; con ello busca obtener su participación y luego intercambia con los otros sujetos informaciones u órdenes. A partir de este momento uno de ellos asume el rol de emisor y el otro de receptor. El receptor actúa en función del mensaje que ha recibido; si esta acción no es satisfactoria, la puede corregir con un nuevo intercambio de mensajes. Para favorecer la comunicación, se hace necesario que tanto el emisor como el receptor usen el mismo código.

Si el esquema didáctico es correcto, cuando la sanción de la acción es negativa se entabla una serie de correcciones llevando los mensajes a la formulación buscada. Las relaciones de dos interlocutores con la situación permiten prever cuál es la semántica y la sintaxis de los mensajes que permitirán la obtención de los resultados. Es posible combinar de manera juiciosa una situación y las condiciones de intercambio de mensajes, emitir el tipo de mensaje susceptible de ser creado; cabe



aclarar que si el mensaje no pasa, ya sea porque ha sido mal codificado o mal emprendida la acción, no puede ser ejecutado y en tal caso hay que replantear la formulación.

Un mensaje, aunque sea una orden breve y necesaria a la realización de una tarea, contiene por fuerza una parte pertinente, significativa. El hecho de condicionar el mensaje para que sea comunicado por escrito, sin ambigüedad, sin redundancia, sin información superflua, produce la mayoría de los casos mensajes cuasi-matemáticos, es decir modelos.

En el transcurso de la dialéctica de la formulación, la construcción de los mensajes matemáticos se cumple siguiendo las reglas implícitas entre los dos interlocutores. Se trata ahora de explicitar estas reglas, de decir por qué tal escritura matemática es correcta y por qué ella es pertinente. Este es el objeto en la siguiente fase: la dialéctica de la validación. El sujeto debe justificar, defender su formulación y luego emitir aserciones y ya no sólo informaciones, frente a un oponente. La dialéctica de la validación se establece muchas veces organizando juegos de estrategias en los que se opone a pequeños grupos en una competencia. Un equipo emite una aserción, el equipo oponente busca probar la falsedad de la aserción. Desde luego que un descubrimiento aceptado por todos puede ser utilizado para validar o invalidar otra cosa; en tal caso deben tratar de argumentar la validez de su aceptación. Si no lo logran, los proponentes deben justificar su aserción. En el transcurso de los intercambios sucesivos, los sujetos son conducidos a explicitar una parte del repertorio lógico y matemático del que se sirven para establecer su convicción. A la secuencia didáctica le sigue una fase de institucionalización, en la cual el maestro hace pequeñas síntesis de los avances del proceso o bien da informaciones tales como la denominación convencional de ciertos conceptos o representaciones.

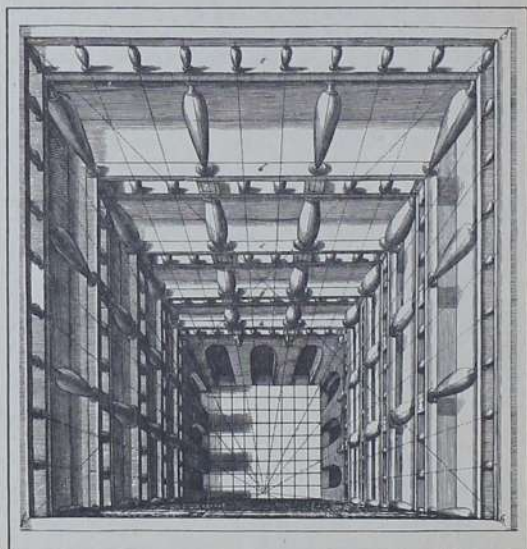
Finalmente, cabe aclarar que aunque el proceso se ha descrito de manera lineal, no sucede formalmente de esta manera, ya que con bastante frecuencia los alumnos en la fase de las acciones empiezan a hacer formulaciones, o en la formulación aparecen ciertas validaciones; más aún, en ocasiones en la fase de la validación, éstos empie-

zan por apoyarse en las acciones y, por último, la fase de institucionalización atraviesa gradualmente a las fases anteriores.

Vemos así cómo la matemática se aprende por medio de un proceso de construcción dentro del respeto de las posibilidades del sujeto, de la filiación de su sistema de expresión y justificación. ☼

Notas

1. I. Fuenlabrada, "Diferencias entre dos modelos de enseñanza: la postura tradicional y la constructivista", II Congreso estatal de la enseñanza de las matemáticas, ANPM, Xalapa, 1988.
2. G. Brousseau, "Processus de Mathématisation", en *Cahier de l'IREM de Bordeaux*, Francia, Núm. 13, 1972.
3. J. Brun, "Pedagogía de las matemáticas y psicología: análisis de algunas relaciones", *Infancia y Aprendizaje*, Núm. 9, 1980.
4. Todavía aquí no se trata del lenguaje convencional de la matemática.
5. En el esquema didáctico que trabajamos, el conocimiento debe aparecer como un instrumento que permita resolver un problema planteado y no como tradicionalmente se ha trabajado. En la didáctica tradicional, el conocimiento aparece como un objeto cultural del cual se informa al sujeto que *aprende* para que posteriormente pueda hacer uso de él en la resolución de problemas.





noticias del centro

Visita de Fausto Alzati, Director General del CONACyT, al CINVESTAV



El pasado 13 de mayo visitó las instalaciones del CINVESTAV en Zacatenco el Dr. Fausto Alzati, Director General del CONACyT, con el fin de presentar a la comunidad del Centro las convocatorias de sus nuevos programas de apoyo: fortalecimiento de la infraestructura científica y tecnológica, cátedras patrimoniales de excelencia, proyectos de investigación, padrón de posgrados de excelencia, modernización tecnológica, fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas estratégicas y repatriación de investigadores mexicanos. El Dr. Alzati estuvo acompañado de dos de sus principales colaboradores, el Dr. Miguel José Yacamán, Director Adjunto de Investigación Científica, y el Dr. Martín Celaya, Director Adjunto de Desarrollo Tecnológico.

El Dr. Alzati y sus colaboradores sostuvieron una interesante sesión de preguntas y respuestas con los investigadores del CINVESTAV sobre los nuevos programas del CONACyT. Tomando como base las preguntas formuladas en esta ocasión, el CONACyT editará próximamente un folleto de difusión sobre dichos programas.

Julio G. Mendoza Alvarez, Secretario Académico del CINVESTAV

El Dr. Julio G. Mendoza Alvarez fue nombrado Secretario Académico del CINVESTAV, en sustitución del Dr. Enrique Campesino

Notas breves



El Dr. Michael Hooker, presidente de la Universidad de Maryland en el condado de Baltimore, ofreció una conferencia en el CINVESTAV sobre la revolución de las biotecnologías y la relación de los centros de investigación y las firmas privadas. De hecho, cuando el Dr. Hooker estuvo en la Universidad Johns Hopkins facilitó la realización de uno de los primeros convenios conjuntos en biotecnología entre una universidad y una empresa privada.

La Universidad Autónoma de Tlaxcala ofrece su programa de Doctorado en Biología de la Reproducción que tiene establecido en colaboración con el Departamento de Fisiología del CINVESTAV y el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Este programa se desarrolla en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Animal (CIRA) establecidas en Panotla, Tlaxcala. Para información adicional, comunicarse al teléfono (246) 21727.

Durante la semana del 22 al 26 de abril de 1991, el Departamento de Química del CINVESTAV tuvo la visita de cuatro científicos destacados: el Dr. Fred Basolo, profesor de la Universidad de Turín, Italia; el Dr. Robert Corrin, director del Instituto de Química Fina en Montpellier, Francia; el Dr. Pascual Lahuerta, investigador del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad de Valencia, España y el Dr. Antonio Gonveia de Souza, profesor del Departamento de Paraíba, Brasil. Durante esta visita impartieron seminarios sobre la síntesis de complejos con metales de transición, química de materiales, propiedades espectroscópicas de compuestos organometálicos y termoquímica de metales de transición.



Romeo, a partir del 1o. de mayo de 1991. El Dr. Mendoza Alvarez ingresó al CINVESTAV en 1980 como profesor titular del Departamento de Física. Es egresado de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN, obtuvo su grado de maestría en ciencias (Física, 1975) en el CINVESTAV y su grado de doctor en física (1979) en la Universidad Estatal de Campinas, Brasil.

El campo de investigación del Dr. Mendoza Alvarez es la física experimental del estado sólido, donde ha hecho varias contribuciones al estudio de las propiedades ópticas de semiconductores y los dispositivos optoelectrónicos. Ha publicado 27 artículos originales de investigación en revistas con evaluación por arbitraje, 28 contribuciones en memorias de reuniones académicas y 3 artículos de divulgación. En el rubro de formación de recursos humanos ha dirigido 2 tesis de doctorado, 3 de maestría y 1 de licenciatura. Sus trabajos han sido citados 142 veces en la literatura científica. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), en la categoría de Investigador Nacional, Nivel II.

Isaac Hernández Calderón, Jefe del Departamento de Física

La Dirección del CINVESTAV, contando con la aquiescencia de la Junta Directiva, nombró al Dr. Isaac Hernández Calderón Jefe del Departamento de Física por un período de cuatro años a partir del 19 de marzo del presente año. El Dr. Hernández Calderón obtuvo su doctorado en física en la Universidad Estatal de Campinas, Brasil (1981), es licenciado en física y matemáticas (1974) de la ESFM-IPN y maestro en ciencias (Física, 1975) del CINVESTAV. Se integró a la planta de profesores del Departamento de Física del Centro en 1984 después de realizar un entrenamiento posdoctoral de tres años en el Instituto Max Planck de Stuttgart, RFA.

La Academia de la Investigación Científica (AIC), en colaboración con el Instituto SYNTEX, celebró el 7 de mayo pasado en el auditorio *Arturo Rosenbluth* del CINVESTAV la ceremonia de ingreso del **Dr. Ricardo Miledi** como Miembro Correspondiente de la AIC. La presentación del Dr. Miledi estuvo a cargo del **Dr. Fidel Ramón Romero**, profesor titular del Departamento de Fisiología del CINVESTAV, y el Dr. Miledi ofreció la conferencia "Un nuevo método para estudiar el cerebro".

El **VII Seminario de Metrología** se llevará a cabo en la ciudad de Querétaro entre el 11 y el 14 de septiembre. Organizado por la Dirección General de Normas de SeCoFi, el Laboratorio de Pruebas y Ensayos de México de la CFE, la Sección de Metrología del CINVESTAV y el Comité Consultivo Nacional de Normalización Metrológica, en colaboración con la Asociación Mexicana de Metrología, A.C., tiene como propósito continuar con el intercambio de experiencias en las diferentes áreas metrológicas, de instrumentación y aplicación en los programas de validación, homologación y aseguramiento de la calidad de la industria. Durante el evento se colocará la primera piedra del Centro Nacional de Metrología, que actualmente alberga el CINVESTAV.

El **M. en C. Jaime González Basurto** encabeza el Programa de Educación Continua del CINVESTAV. Los primeros dos cursos organizados dentro de este programa fueron: *La metrología en los sistemas de validación*, 13-15 de mayo de 1991, impartido por el **M. en C. Jaime González Basurto** (CINVESTAV), el **M. en C. Juan Manuel Figueroa** (ESFM-IPN), y el **M. en C. Miguel Tufiño Velázquez** (ESFM-IPN); *La nueva tecnología de la calidad y sus aplicaciones en la industria*, 10-12 de junio de 1991, impartido por el **M. en C. Tadao Mukaikata** (Hughes Aircraft Co.), el **Dr. Jack B. Re Velle** (Hughes Aircraft Co.), el **Dr. C. Ford-Livene** (Hughes Aircraft Co.), y el **M. en C. Jaime González Basurto** (CINVESTAV).



Su campo de investigación es el estudio experimental de las propiedades ópticas de sólidos y la física de superficies e interfaces. Ha publicado 23 artículos originales de investigación en revistas con arbitraje, 17 contribuciones en memorias de congresos científicos y 2 artículos de divulgación. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura, 4 de maestría y 1 de doctorado. Sus artículos han recibido 120 referencias en la literatura científica. Entre las distinciones académicas que ha recibido están la beca Alexander von Humboldt (1982) de la RFA, ser miembro del SNI en la categoría de Investigador Nacional, Nivel II, y haber sido elegido Presidente de la Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío (1989-1990).

Se instaló la COPEI 1991

El pasado 18 de junio quedó instalada la Comisión de Promoción y Estímulos para los Investigadores (COPEI antes COBEP) del CINVESTAV, correspondiente al año académico 1991. Esta comisión está integrada por dos profesores de cada una de las áreas que se cultivan en el Centro, un representante de cada unidad foránea y como miembro ex officio el secretario académico. Área de ciencias biológicas: Dr. Carlos Méndez Domínguez, preside (Fisiología, Biofísica y Neurociencias), Dra. Esther Orozco Orozco (Patología experimental); Área de ciencias exactas: Dr. Alberto García Díaz (Física), Dr. Enrique Ramírez de Arellano (Matemáticas); Área educativa: Dra. Teresa Rojano Ceballos (Matemática Educativa), Dra. Guillermina Waldegg Casanova (Metodología y Teoría de la Ciencia); Área de ingeniería y tecnología: Dr. René Asomoza Palacio (Ingeniería Eléctrica, SEES), Dr. Jaime Alvarez Gallegos (Ingeniería Eléctrica, SCA); Dr. Gilberto Balam Pereira (Unidad Mérida), Dr. Octavio Paredes López (Unidad Irapuato), M. en C. Juan Méndez Nonell (Unidad Saltillo).

El pasado 17 de mayo se realizó el curso *Recent advances in developmental neuroscience* en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro en colaboración con el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV y el Institute of Developmental Neuroscience and Aging de los EUA. Este curso formó parte del programa del XXX Aniversario del CINVESTAV y estuvo coordinado por el Dr. Jorge Hernández, profesor titular de dicho departamento. Los expositores y temas cubiertos son: Dr. Amico Bignami, Universidad de Harvard, *Principles of gliogenesis*; Dr. Jean de Vellis, Universidad de California, *Cell Lineage of oligodendrocytes*; Dra. Antonia Vernadakis, Universidad de Colorado, *Alcohol syndrome*; Dr. Summer Yafee, National Institute of Child Health and Human Development, *Drugs and the developing organism*.



Se celebró un convenio de cooperación científica y técnica entre el CINVESTAV y la Universidad Estatal Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP) para realizar intercambios académicos en las áreas que se cultivan en ambas instituciones.



El M. en C. Olac Fuentes Molinar, profesor titular del Departamento de Investigaciones Educativas, preside la Comisión Organizadora de la Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano que impulsará las siguientes actividades relacionados con el magisterio de educación básica: publicaciones; investigaciones y estudios; actividades de formación; actividades de estímulo, conservación y reconocimiento de la producción del maestro y de la tradición de la escuela mexicana; actividades de difusión; producción de prototipos de materiales y medios para la enseñanza básica; asesoría a proyectos académicos.

Graduados entre enero y junio de 1991

Maestros en Ciencias

Enrique Othón Hernández González. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 25 de enero. Inmunolocalización de calmodulina y detección de proteínas que se unen a calmodulina, en espermatozoides de cuyo. Asesor: Dra. Adela Mújica de Hernández.

Martha Guadalupe Preciado Cisneros. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 24 de mayo. Caracterización de un grupo de neuronas de la médula externa del tallo ocular del acocil: un modelo de neurosecreción. Asesores: M. en C. Víctor Katsutoshi Tsutsumi Fujiyoshi y Dr. Hugo Hernando Aréchiga Urzuástegui. Continúa su doctorado en el Departamento de Patología Experimental del Cinvestav.

José de Jesús Serrano Luna. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 3 de mayo. Determinación de proteinasas en una mutante de *Entamoeba histolytica* resistente a citocalasina D. Asesores: Dra. Guadalupe Mireya de la Garza Amaya y Dra. María de Lourdes Muñoz Moreno. Continúa su doctorado en el Departamento de Biología Celular del Cinvestav.

José Efraín Garrido Guerrero. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 4 de febrero. Estudio de la participación del producto del oncogen c-myc en replicación y transcripción de genes eucariotes. Asesores: Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal y Dr. Alejandro Manuel García Carrancá. Continúa su doctorado en el Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav.

Mauricio Salcedo Vargas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 4 de febrero. Estudio del oncogen c-myc y la presencia del papilomavirus humano tipo 16 de lesiones cervicales. Asesor: Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal. Es investigador en el Instituto Nacional de Pediatría.

Juan Gerardo Valadez Sánchez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 4 de abril. Caracterización de complejos ribonucleoproteicos virales (RNPv) presentes en células HeLa infectadas con poliovirus. Asesor: Dr. Carlos Fernández Tomás. Es investigador adjunto en el centro de investigaciones sobre enfermedades infecciosas en el Instituto Nacional de Salud Pública S.S.

Irene Leal Solís. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 10 de abril. Clonación y caracterización del gene que codifica para la enzima

AAC(3)-III de *Pseudomonas aeruginosa*-X. Asesor: Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda. Es investigadora en el Hospital Clínica del Parque en Chihuahua.

Leobardo Mendoza Alcántar. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 27 de mayo. Efecto de la infección con poliovirus sobre la expresión del gen c-myc en células HeLa. Asesores: Dr. Carlos Fernández Tomás y Dr. Juan Patricio Gariglio Vidal. Es investigador asociado en el Instituto Nacional de Cancerología.

José Luis Hernández Zamora. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 18 de junio. Implementación y desarrollo de la tecnología básica para la fabricación de material piezoeléctrico para aplicaciones biomédicas usando titanato de bario. Asesor: M. en C. Ernesto Suasta Gómez.

Héctor Manuel Cárdenas Cota. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioingeniería. 22 de enero. Propagación no-estéril de un cultivo mixto bacteriano (*Cellulomonas flavigena* y *Xanthomonas* sp.) en bagacillo de caña. Asesor: Dra. María Mayra de la Torre Martínez. Es profesor-investigador en la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Sergio García Salas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioingeniería. 6 de junio. Diseño del sistema de aireación y caracterización física de un biorreactor no convencional. Asesor: M. en I. Luis Bernardo Flores Coter. Es auxiliar de investigación en el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav.

Armando Mejía Alvarez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 15 de marzo. Obtención de una mutante de *Cellulomonas flavigena* con una mayor actividad celulolítica. Asesores: Dr. Jesús Silva Sánchez y M. en C. María Teresa Ponce Noyola.

Mario Rodríguez Monroy. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 2 de junio. Cultivo por lote alimentado para la producción de bioinsecticidas a base de *Bacillus thuringiensis*. Asesor: Dra. María Mayra de la Torre Martínez.

Fermín Mercedes de la Cruz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 10 de abril. Caracterización farmacológica de las respuestas inducidas por diversos agonistas serotoninérgicos en la arteria coronaria circunfleja izquierda del perro. Asesores: Dr. Enrique Hong Chong y M. en C. Carlos Castillo Henkel. Es profesor titular y jefe de los laboratorios de farmacología de la Unidad de Investigación de Farmacología Experimen-

tal en la Universidad Central del Este (UCE), en la República Dominicana.

Vinicio Granados Soto. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 31 de mayo. Estudio de la relación entre la farmacocinética y el efecto analgésico del acetaminofén en la rata. Asesores: Dr. Gilberto Castañeda Hernández y Dr. Francisco Javier Flores Murrieta.

Martín Hernández Contreras. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 6 de febrero. EL decaimiento $\tau^- \rightarrow \Lambda^0 K^- \gamma$ y el momento magnético de la τ^- . Asesores: Dr. José Luis Lucio Martínez y Dr. Gabriel López Castro. Se integró a la planta de profesores de la ESFM-IPN.

Jorge Téllez Ulloa. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 19 de abril. Soluciones estacionarias axialesimétricas de tipo D en presencia de un campo electromagnético y un fluido perfecto. Asesor: Dr. Alberto Alejandro García Díaz. Se reintegró a la planta de investigadores del Centro de Investigación en Física de la Universidad de Sonora.

Martín Muñoz Uribe. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 26 de abril. Unas preguntas topológicas en métricas de tipo D. Asesor: Dr. Jerzy Franciszek Plebański Rosiński. Es profesor asociado en la ESFM-IPN.

Juan Antonio López Esquivel. Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 21 de junio. Difusión colectiva en suspensiones coloidales. Asesor: Dr. Bernardo José Luis Arauz Lara. Continúa su doctorado en el Departamento de Física del Cinvestav.

Diego Ricardo Félix Grijalva. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 3 de mayo. Actividad secretora de lactosomatotropos, células hipofisarias bi-hormonales en los maníferos. Asesor: Dr. Gabriel Cota Peñuelas. Continúa su doctorado en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

Leopoldo Altamirano Robles. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 23 de enero. Localización de puntos de soldadura en circuitos impresos usando la transformada de Hough. Asesores: Dr. Bernd Radig y Dr. Guillermo Benito Morales Luna. Es auxiliar de investigación en el Instituto de Informática de la Universidad Técnica de Munich.

Ricardo Othón Valdés Ramírez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 24 de enero. Desarrollo de una interfaz de usuario para un sistema de control distribuido. Asesor: M. en C. José Oscar Olmedo Aguirre. Es investigador en el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Felipe López Suárez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 4 de febrero. Simulación

de sistemas discretos. Asesores: Dr. Enrique Arce Medina y M. en C. Feliú Davino Sagols Troncoso. Es ingeniero de software en el Instituto Mexicano del Petróleo.

Víctor González Rosales. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 19 de marzo. Sistema de protección eléctrica en base a microprocesadores en centrales termoeléctricas. Asesores: Dr. Jan Janecek y M. en C. Jorge Buenabad Chávez. Es investigador en el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Juan Carlos Martínez García. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 8 de marzo. Diseño de controladores lineales mediante la minimización de un índice de desempeño Hoo. Asesor: M. en C. Antonio Cordero Osorio. Se integró a la planta de profesores de la Sección de Control Automático en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav.

Narciso Eugenio Aragón. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 14 de junio. Realización del nivel 1 del interfaz U de acceso básico a la RDSI. Asesor: M. en C. Carlos Edgardo Hirsch Ganievich. Es investigador en el Centro de Investigación y Desarrollo de Teléfonos de México.

Eduardo Aranda Bricaire. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 28 de junio. Control adaptable de sistemas no lineales perturbados singularmente. Asesor: Dr. Jaime Alvarez Gallegos.

Sonia Reynaga Obregón. Maestra en Ciencias en la especialidad de Educación. 19 de abril. Aproximación a una institución escolar: El Instituto Superior de Educación Tecnológica Agropecuaria de Roque, Celaya, Guanajuato. Asesor: Dra. María de Ibarrola Nicolín. Es Investigadora titular en el Centro de Investigación Educativa en la Universidad de Guadalajara.

María Luisa Talavera Simoni. Maestra en Ciencias en la especialidad de Educación. 14 de junio. Construcción y circulación social de recursos docentes en primer grado. Un estudio etnográfico. Asesor: M. en C. Ruth Mercado Maldonado. Es investigadora en el Centro Boliviano de Investigación y Acción Educativas, en la Paz, Bolivia.

Teresa Cecilia Codocedo Layza. Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 21 de enero. Acerca de un curso tradicional de cálculo diferencial en ingeniería. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Es profesora e investigadora de la Universidad de Guadalajara.

María Elena Martínez Rodríguez. Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 1o. de febrero. El álgebra abstracta: una propuesta temática en la formación de profesores de matemáticas del nivel superior. Asesores: Dra. María Teresa Rojano Ceballos y

M. en C. Verónica Hoyos Aguilar. Es profesora en el ITESM, campus Guadalajara.

Fortunato Rolando Meneses Ramos. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 19 de marzo. Las fracciones: un dominio de significación múltiple. Análisis de una colección de problemas de multiplicación y división de fracciones elaborados por profesores-alumnos de la Escuela Normal Superior de México. Asesores: Dr. Jesús Alarcón Bortolussi y Dra. Blanca Margarita Parra Mosqueda. Es asesor en el Congreso de la Unión.

Alejandro Chávez Ochoa. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 20 de marzo. La educación matemática en los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT) y su relación con las expectativas sociales para la educación tecnológica. Asesor: M. en C. Elisa Bonilla Rius. Es profesor en el CECYT "Ricardo Flores Magón".

Eduardo Miranda Montoya. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 18 de marzo. Propuesta metodológica para la enseñanza de las matemáticas con apoyo de la microcomputadora mediante prácticas usando el programa calcula. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa. Es profesor en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente.

Ramón Enrique Duarte Ramos. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 8 de abril. El curso de ecuaciones diferenciales como meta y guía para el diseño curricular de los cursos de matemáticas en ingeniería. Asesor: M. en C. Antonio Rivera Figueroa. Es profesor investigador en el Centro de Investigación y Experimentación Educativa en Matemáticas, en la Universidad Autónoma de Sinaloa.

José Armando Albert Huerta. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 26 de abril. Sobre la problemática de la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial: Diagnóstico sobre la operatividad del concepto en estudiantes del nivel superior y medio superior del sistema educativo. Asesor: M. en C. Rosa María Farfán Márquez. Es catedrático en la Universidad del Valle de México.

José Gerardo Dionisio Romero Jiménez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 14 de mayo. Problemas de aplicación en la enseñanza del cálculo vectorial en ingeniería. Asesor: M. en C. Jesús Alfonso Riestra Velázquez. Es profesor de Matemáticas en el Departamento de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en la ESIME-IPN.

Ricardo Ulloa Azpeitia. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 31 de mayo. Factores en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el tronco común del bachillerato. Asesor: Dr. Eugenio

Filloy Yagüe. Es secretario coordinador del Nodo Regional del PNFAPM, Dirección de Desarrollo Académico de la Universidad de Guadalajara.

Daniel Hernández Hernández. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 4 de febrero. Continúa su doctorado en el Departamento de Matemáticas del Cinvestav.

Araceli Medina Bonifant. Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 13 de marzo. Es profesora en la ESFM-IPN.

Guillermo Dávila Rascón. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 26 de abril. Continúa su doctorado en el Departamento de Matemáticas del Cinvestav.

Enrique Lemus Rodríguez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 29 de abril. Continúa su doctorado en el Departamento de Matemáticas del Cinvestav.

Juan Carlos del Valle Sotelo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 9 de mayo. Es colaborador externo en la Editorial EJE S.A.

Jaime Escalante García. Maestro en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 24 de junio. Síntesis asimétrica de amino ácidos. Preparación de ácidos 2-alquil-3-aminobutanóicos enantioméricamente puros. Asesor: Dr. Eusebio Juaristi y Cosío.

Luis Gerardo Abarca Arenas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 8 de marzo. Estructura y dinámica de las relaciones tróficas de las especies dominantes de la comunidad neotónica en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Asesores: Dr. Luis René Antonio Capurro Filigraso y M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero. Es auxiliar de investigación en la Unidad Mérida del Cinvestav.

Víctor Hugo Sánchez Licea. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 6 de marzo. Efecto de la temperatura, peso del cuerpo y salinidad en el consumo de oxígeno de la mojarra paleta *Cichlasoma synspillum* (Hubbs, 1935). Asesor: Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios.

Teresa Alvarez Legorreta. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 15 de marzo. Evaluación de la contaminación por hidrocarburos en la población de la almeja *Rangia cuneata* en la laguna de Pom, Campeche. Asesor: M. en C. Gerardo Gold Bouchot. Es jefe de proyecto en el Instituto Nacional Indigenista de Chiapas.

Alberto Asiain Hoyos. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 29 de abril. Efecto del

enriquecimiento del sedimento por alimentación suplementaria en el crecimiento del camarón blanco del Golfo de México *Panaeus stiferus*. Asesor: Dr. Alejandro Flores Nava.

Patricia Arceo Briseño. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 14 de junio. Análisis bioeconómico de funciones captura-esfuerzo de la pesquería artesanal de langosta (*Panulirus argus latreille*). Asesor: Dr. Juan Carlos Seijo Gutiérrez. Es investigador asistente en el Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpeten, del Instituto Nacional de la Pesca, en Progreso, Yucatán.

Rodolfo López Gómez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 20 de febrero. Estudio preliminar de algunos aspectos de la maduración del fruto de mango (*Mangifera indica*, L.) var manilla a nivel molecular. Asesor: Dr. Miguel Ángel Gómez Lim. Es profesor de enseñanza superior en el CIIDIR Unidad Oaxaca.

Hugo Mercado García. Maestro en Ciencias en la especialidad de Metalurgia no Ferrosa. 3 de mayo. Estudio de la eliminación de hierro en aleaciones aluminio-silicio hipoeutécticas. Asesores: M. en C. Alfredo Flores Valdés y M. en C. José Concepción Escobedo Bocado.

Doctores en Ciencias

José Federico Bernardo Castro Muñoz Ledo. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 22 de marzo. Caracterización y aislamiento del factor sérico FA2, que promueve la diferenciación de los preadipocitos 3T3-F442A. Asesor: Dr. Walid Kury Harcuch. Es profesor auxiliar en el Departamento de Biología Celular del Cinvestav.

María del Refugio Bermúdez Cruz. Doctora en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 12 de marzo. Identificación de factores que participan en el funcionamiento del terminador λ de λ mbda. Asesor: Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda.

José Aurelio Díaz Moreno. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 10 de abril. Terminación de la transcripción en la región tL3 del bacteriófago λ mbda. Asesor: Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda. Es profesor investigador titular en la Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Bulmaro Cisneros Vega. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 30 de mayo. Aislamiento y caracterización de mutantes λ mbda tL. Asesor: Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda. Es investigador auxiliar en el Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav.

Francisco Javier Flores Murrieta. Doctor en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 26 de abril. Es-

tudios farmacocinéticos de la pelanserina. Asesor: Dr. Gilberto Castañeda Hernández. Es investigador auxiliar en la Sección de Terapéutica Experimental en el Departamento de Farmacología y Toxicología del Cinvestav.

Alfredo Sixto Saldívar González. Doctor en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 15 de mayo. La conducta sexual de la rata macho y su participación en la ansiedad: un análisis farmacológico. Asesor: Dr. José Alonso Fernández Guasti. Es investigador asociado en el Instituto Mexicano de Psiquiatría.

Francisco Miguel Vargas Luna. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 25 de enero. Divergencias mayores y naturalidad en teorías de norma. Asesor: Dr. José Luis Lucio Martínez. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el Departamento de Física del Cinvestav.

Angelina Rosario Guzmán Sánchez. Doctora en Ciencias en la especialidad de Física. 18 de abril. Clasificación estable del tensor de materia. Asesor: Dr. Jerzy Franciszek Plebański Rosiński. Se incorporó a la planta de profesores de la ESIQIE-IPN.

Ana Josefa Cardona Lira. Doctora en Ciencias en la especialidad de Fisiología y Biofísica. 25 de febrero. Calcitonin gene-related peptide as a model of plasticity in primary afferents: anatomical and biochemical studies. Asesor: Dr. Pablo Rudomín Zevnovaty. Continúa su entrenamiento posdoctoral en la Universidad de Iowa, EUA.

Rafael Mejía Alvarez. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biofísica. 28 de mayo. Propiedades de los canales de calcio del sistema tubular y retículo sarcoplásmico en músculo esquelético de mamífero. Asesor: Dr. Enrique Stefani Bonfanti. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el Johns Hopkins University, Department of cardiology Medicine, Maryland, EUA.

Gerardo Gold Bouchot. Doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas. 28 de junio. A stable isotope study of three coastal ecosystems in Yucatán, México. Asesor: Dr. Patrick L. Parker. Es investigador adjunto y coordinador de la Sección de Ecología Marina del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del CINVESTAV.

Sergio Víctor Chapa Vergara. Doctor en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 14 de marzo. Programación automática a partir de descriptores de flujo de información. Asesor: Dra. Ana María Antonia Martínez Enríquez.

Lino Feliciano Resendis Ocampo. Doctor en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 2 de enero. Movimientos holomorfos y funciones univalentes. Asesor: Dr. Robert Michael Porter Kamlin. Es profesor de la UAM-A.

Documentos

Magdaleno Medina Noyola: la excelencia como norma cotidiana

Texto de la presentación que hizo el Dr. Héctor O. Nava Jaimes en la entrega del Premio en Ciencias Exactas 1990 de la Academia de la Investigación Científica al Dr. Magdaleno Medina Noyola el 16 de abril de 1991 en la Residencia Oficial de los Pinos.

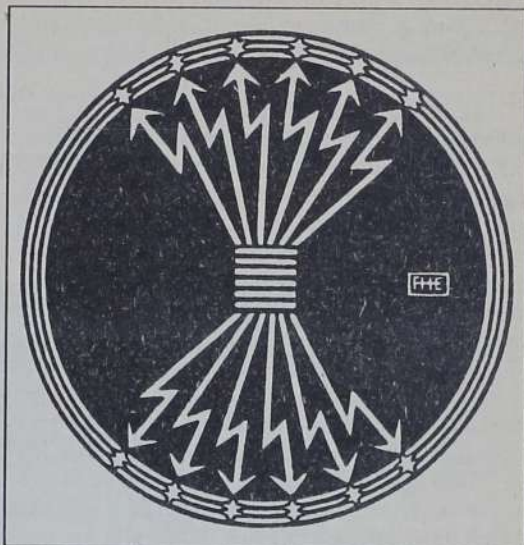


Héctor O. Nava Jaimes

Presentar al distinguido investigador del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dr. Magdaleno Medina Noyola, quien hoy recibe el Premio en Ciencias Exactas, representa para mí una grata satisfacción. Potosino de pura cepa, nacido en Ciudad Fernández, San Luis Potosí, el Dr. Medina inició su formación profesional en la Escuela de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en 1968, y su posgrado en Física en 1972 en el CINVESTAV, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en 1974. Después de una estancia como profesor de la Universidad Autónoma

de Puebla, continuó su posgrado en el Departamento de Química de la Universidad de Indiana, en los Estados Unidos de Norteamérica, doctorándose en 1979. Al término de su posdoctorado en la Universidad de California en Davis, en 1981, se incorporó al Departamento de Física del CINVESTAV, de donde partió para incorporarse finalmente al Instituto de Física de su alma mater en 1989. Es, importante señalar que, como muchos otros jóvenes, el Dr. Medina es un magnífico ejemplo de lo que ha sido en nuestro país el sistema público de educación, evidentemente siempre perfectible.

El campo de investigación del Dr. Medina es la fisicoquímica de los fluidos complejos, sistemas que incluyen a las suspensiones coloidales, las soluciones poliméricas y las microemulsiones, todos ellos sistemas de indudable importancia tecnológica, y fuente constante de preguntas científicas fundamentales. Un balance breve del trabajo científico del Dr. Medina en estos nueve años de labor en México incluye la producción, en colaboración con sus estudiantes de posgrado, de 25 artículos científicos publicados en las revistas más prestigiadas de su disciplina. Su contribución más reciente ha sido el desarrollo de un enfoque teórico para el estudio del movimiento browniano en suspensiones coloidales concentradas, el cual conlleva la mayor sofisticación teórica con la mayor simplicidad práctica en la descripción de las complejas interacciones que ocurren entre partículas en suspensión. En la gran mayoría de las circunstancias de interés, la presencia de tales interacciones es la norma, y su descripción teórica presenta retos formidables a la Física Estadística. La relevancia del trabajo del Dr. Medina ha sido reconocida por la comunidad internacional, al ser el primer latinoamericano invitado a presentar su trabajo en una de las Discusiones Generales de la División Faraday de la Sociedad Real de Química de la Gran Bretaña, cuyas memorias contienen uno de los recuentos más precisos del desarrollo de la Fisicoquímica en todas sus especialidades. Asimismo, su trabajo ha sido detallado ya en dos libros de texto norteamericanos, uno de termodinámica de procesos irreversibles y otro de dispersión de luz por fluidos complejos. Este último incluye un apéndice completo reseñando lo que su autor denomina "Formalismo de Medina-Noyola para difusión de trazadora". Siendo la calidad su sello personal de trabajo, el Dr. Medina ha exigido siempre esos mismos estándares en su labor de formación de recursos humanos, como ha sido reconocido con amplitud. Así, en 1984, el segundo de sus siete graduados de maestría fue distinguido con el Premio Nacional de la Juventud por su trabajo de tesis. Igualmente, de sus tres graduados de doctorado, dos han sido distinguidos con el Premio Weizmann de ciencias exactas, que esta Academia otorga a las mejores tesis doctorales hechas en México. Ambos premiados son actualmente profesores del CINVESTAV y miembros del Sistema Nacional de Investigadores.



La incursión del Dr. Medina en la fisicoquímica de los sistemas coloidales no fue motivada sólo por una vocación intelectual, de todas formas valiosa en sí misma, sino también por su intuición de que algún día el sector productivo nacional sería el mayor generador de problemas prácticos y preguntas básicas relacionadas con esos sistemas. En el presente podemos valorar esa actitud previsor. Por poner un ejemplo, baste mencionar que el control de los fenómenos de agregación y depósito de los asfaltenos de los crudos pesados, de gran importancia económica en los procesos de extracción, almacenamiento y refinación del petróleo, demanda en efecto una serie de desarrollos tecnológicos y científicos que involucran directamente a la fisicoquímica coloidal. La generación de grupos de excelencia en esa disciplina constituye, por lo tanto, una valiosa reserva de apoyo por parte de las instituciones académicas, dentro de su propia dinámica de libertad científica para los intentos de solución de un problema técnico relevante.

Deseo subrayar esta última situación, que se da cuando se cultiva la tarea de investigación con calidad, con una sólida base de conocimientos fundamentales; la experiencia nos muestra que, cada vez más a menudo, de una manera que yo llamaría natural, se presentan las manifestaciones de la aplicabilidad de los conocimientos generados a una multitud de problemas cuya resolución es

importante en nuestra industria, en la educación o en los servicios en general.

La mayor parte del trabajo referido fue desarrollado en el Departamento de Física del CINVESTAV. A su partida de este Centro, el Dr. Medina dejó atrás un joven pero excelente grupo de investigación en Física Estadística a cuya formación contribuyó sustancialmente. A su vez, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí ha recuperado a un investigador maduro que suma ya sus esfuerzos a los de sus colegas que lo precedieron en el retorno. En este sentido, la trayectoria del Dr. Medina ilustra la gran vitalidad de una joven comunidad de científicos potosinos empeñados en consolidar a la investigación científica y a la docencia de excelencia como la norma cotidiana de trabajo en su Universidad. De esta forma, la investigación en Física, Química, Medicina y otras áreas, encuentra asiento estable en una institución pública en serio proceso de modernización.

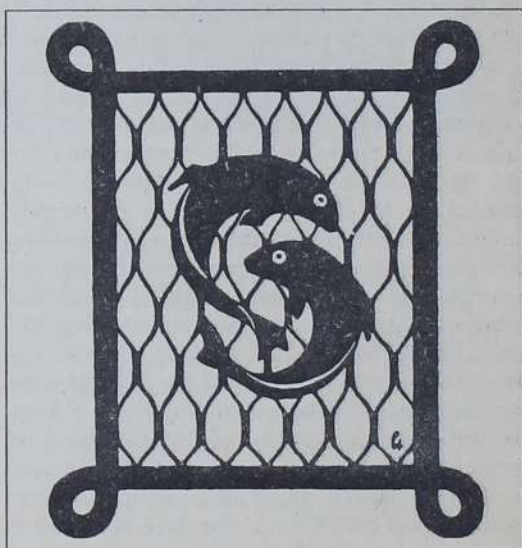
La contribución de los físicos potosinos a este proceso ha sido especialmente significativa: a partir de generaciones de inquietos estudiantes de una Escuela de Física casi autodidacta, hoy en día esa Universidad cuenta con una comunidad de investigadores que es ya reconocida en el país como ejemplo de madurez y apego a las más altas normas de excelencia. No es de extrañar, por lo tanto, que el premio que hoy se otorga al Dr. Medina sólo reitera dicho reconocimiento, al ser ésta la segunda ocasión en que un investigador del Instituto de Física de la UASLP, y a la vez del CINVESTAV, es objeto de tal distinción por parte de la Academia. Podemos recordar también que su joven posgrado en Física, en 1985 convirtió a esa Universidad en la primera en otorgar un grado de Doctor en Física en la provincia mexicana y produjo, asimismo, una de las tesis ganadoras del premio Weizmann de 1988.

En este contexto, la presente distinción otorga una doble satisfacción al Dr. Medina. Como científicos, no podemos dejar de preguntarnos si es posible identificar las fórmulas y mecanismos que hacen posible el curso afortunado de una pequeña batalla por el desarrollo, como la que la comunidad de científicos potosinos sigue librando. Como ciudadanos, no podemos ignorar que estas expe-

riencias concretas, y los mecanismos específicos que las hacen posibles, son una de las guías más eficaces para el diseño de estrategias globales frente a los retos que nuestro país confronta en el presente proceso de modernización.

Hasta ahora sólo he realizado, con una emoción muy personal, una descripción que podría considerarse formal. Simplemente quisiera terminar diciendo que me tomaría más tiempo del que ya he empleado y del que el espacio y la ocasión me permiten, describir, aun suscitivamente, las cualidades morales e intelectuales del Dr. Medina, la solidaridad y atención fraternal con que siempre procura a los jóvenes que bajo su dirección inician su proceso de formación como nuevos investigadores, el ejemplo que tanto él como su familia representan como paradigma de un núcleo integrado, amoroso y que no han soslayado nunca los sacrificios que implican, por ejemplo, el laborar durante muchos años en los días hábiles de Zacateco, y retornar a su tierra natal a prodigar su generosidad a su familia los fines de semana; mostrándonos nuevamente que lo valioso es la intensidad y calidad del afecto y no el tiempo dispensado en ello.

Por todo esto me permito finalmente extender mi más profundo sentimiento de admiración a su señora esposa y a su familia.



El científico joven, vínculo entre generaciones

Texto del discurso presentado por el Dr. Magdaleno Medina Noyola en nombre de los galardonados con los Premios 1990 de la Academia de la Investigación Científica el 16 de abril de 1991 en la Residencia Oficial de los Pinos.



Magdaleno Medina Noyola

Los investigadores distinguidos hoy con el Premio de Investigación 1990 expresamos la satisfacción que dicho reconocimiento representa para nosotros y para nuestras instituciones. Estos premios enfatizan el trabajo del científico joven, vínculo entre las generaciones de pioneros de la investigación en nuestro país, y las generaciones de científicos en formación, futuro de nuestra ciencia y tecnología. No hay ciencia ni cultura sin tradición, y ésta es el resultado del flujo constante de las generaciones, a través de sanos mecanismos de reproducción, crecimiento y diversificación. En consecuencia, el Plan Nacional de Ciencia y Modernización Tecnológica proclama como uno de

sus objetivos primordiales el mejorar y ampliar las tareas de formación de recursos humanos que la modernización del país demanda. La alta prioridad que otorga el Ejecutivo Federal a estas tareas ha sido manifestada en la disposición de fortalecer el programa de becas con un fondo de más del 10% de los recursos adicionales para la investigación anunciados recientemente. Estos y otros apoyos deberán ser acompañados por definiciones de políticas que garanticen la más saludable dinámica de crecimiento. Siendo la juventud el sector de nuestra comunidad con mayor potencial de crecimiento y adaptación, el apoyo a su trabajo debe ser uno de los objetivos básicos de tales políticas. De lo

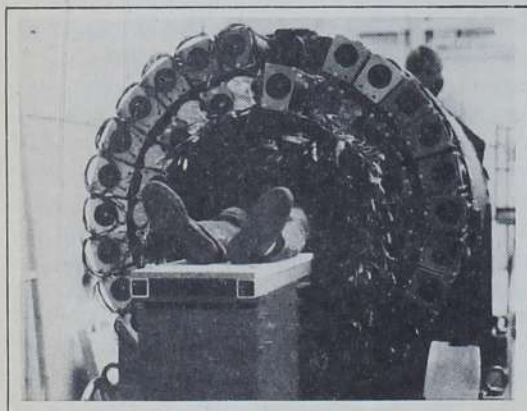
contrario, con el descuido de sus nuevas generaciones, nuestra comunidad corre el riesgo de envejecer prematuramente, hasta convertirse en una comunidad que, en el mejor de los casos, sería más bien venerable que excelente y productiva. Un país de jóvenes, con retos formidables de desarrollo, no puede correr riesgo semejante. Por ello queremos reflexionar aquí sobre la problemática del investigador joven y del estudiante de posgrado, binomio esencial del crecimiento de nuestra comunidad.

Nos incumbe la problemática del estudiante de posgrado no sólo en un gesto de merecida solidaridad, sino porque nadie como nosotros puede estar más consciente de la frescura y vitalidad que un estudiante brillante imprime a nuestra investigación. El reto de su presencia nos hace cambiar, aprender, madurar, mientras que su ausencia puede convertir nuestra labor, al cabo de los años, en

un ejercicio estéril y sin futuro. Así, nuestra posibilidad de reclutar para la ciencia y la técnica a los estudiantes más brillantes del país es condición esencial para un crecimiento sano y vigoroso. Nos preocupa, por esta razón, el serio problema que representa el hecho de que la proporción de estudiantes interesados en las actividades científicas y tecnológicas sigue disminuyendo dramáticamente. Sabemos que no hay barrera académica que arredre a un buen estudiante. Sin embargo, la disparidad en las perspectivas económicas entre el trabajo del investigador y la práctica del profesional en la industria, el comercio, y otras actividades, terminan por desalentar a un número apreciable de estudiantes con talento indiscutible para la investigación. Los que continúan, una vez admitidos a nuestros posgrados de excelencia, no tienen garantizados algunos apoyos esenciales para su trabajo. Asimismo, su pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores, cuya categoría de candidato claramente dibuja el perfil del estudiante de doctorado de tiempo completo, quedaba excluida por razones reglamentarias. En este sentido, nos complace enterarnos que esta exclusión ha desaparecido recientemente de los reglamentos del Sistema. No obstante, razones similares aún le negarán acceso a otros esquemas de apoyo cuando, recién doctorado, haya obtenido un puesto de profesor o investigador, con antigüedad cero por razones obvias.

Ahora que se dan indicios de que el país se prepara para reanudar su marcha al crecimiento, tiene sentido comenzar por el principio: consideramos que es urgente el diseño de programas agresivos de reclutamiento de los estudiantes con mayor talento para la investigación, de esquemas que les garanticen condiciones de vida más dignas, de apoyos directos para sus necesidades de trabajo como investigadores, de programas de estímulo a su empleo al graduarse, tanto en el sector productivo como en el medio académico, y de programas más ambiciosos de fortalecimiento al posgrado nacional de excelencia.

Por su parte, las generaciones de investigadores jóvenes constituyen en gran medida el presente de la ciencia y la tecnología de nuestro país, al ser su aporte uno de los más vigorosos en términos cualitativos y cuantitativos a la producti-



vidad de nuestra comunidad. Valga mencionar que de las tesis doctorales en ciencias exactas distinguidas por nuestra Academia como las mejores del país, más del 70% han sido asesoradas por científicos jóvenes. En este sentido, nos honra aceptar la presente distinción a nombre también de muchos compañeros de generación, científicos que en una década de agudas estrecheces económicas supieron labrar una carrera de excelencia como investigadores y formadores, con el subsidio generoso del entusiasmo y del tiempo que legítimamente pertenecía a sus hijos y familias. Nadie como ellos ha sabido en épocas recientes correr los riesgos de arar en tierras nuevas, ya sea abriendo nuevos campos de investigación en nuestro país, o nuevas fronteras de la actividad científica en nuestras universidades de provincia. Es en estos frentes en donde la vitalidad y potencia creativa de la juventud se manifiesta más vigorosamente, y en donde se encuentran algunos de los retos más importantes. No deja de ser paradójico y preocupante, por lo tanto, que la fisonomía de nuestra comunidad científica la muestre avejentada, como lo indican, por ejemplo, las edades promedio de los miembros del Sistema Nacional de Investigadores, y su distribución geográfica y por disciplinas: estamos hablando de candidatos a investigador nacional con edad promedio de casi 30 años, de investigadores nacionales nivel uno de 40 años, y de investigadores nacionales del máximo nivel de 50 años, recluidos estos últimos en el área metropolitana en un 90%. Esto se debe, creemos, a que los esquemas de apoyo y estímulo no parecen estar orientados de manera suficientemente explícita a desatar la fuerza creativa y el potencial multiplicador del sector joven de nuestra comunidad. Creemos que su incorporación más decidida en la dinámica de decisión e implementación de políticas de desarrollo científico y tecnológico nos ayudaría a romper los esquemas de centralismo geográfico y académico.

Nos parece importante proponer, por lo tanto, la creación o reforzamiento de programas de apoyo explícitamente dirigidos al investigador joven, que estimulen el desarrollo temprano de su independencia científica y de sus iniciativas de incursión en campos relevantes y novedosos de la ciencia y la técnica. De programas integrales de

apoyo a su incorporación a las instituciones de provincia, y de apoyo decidido a los grupos de excelencia ya existentes en algunas de éstas. Finalmente, y sobre todo, creemos que es importante que las políticas regulatorias y de evaluación tengan siempre, sin menoscabo de su rigor académico, un carácter más positivo y menos excluyente, que al otorgar confianza, estimule las mejores virtudes de este sector de nuestra comunidad.

Iniciativas como éstas orientarían el crecimiento de nuestra planta científica y tecnológica en una saludable dinámica de renovación y diversificación, en clara congruencia con los objetivos de nuestras políticas generales de desarrollo. Estamos seguros que invertir conjuntamente con estas generaciones de jóvenes científicos es una de las empresas más seguras y redituables que nuestro país puede emprender, no sólo en materia de ciencia y tecnología, sino en general.




libros

Neuronas, Reflejos y Robots

Este texto fue leído en la presentación del número dedicado a "Neuronas, Reflejos y Robots", de la revista *Ciencias* (enero-marzo de 1991), publicación de la Facultad de Ciencias de la UNAM, 22 de febrero de 1991.

El desarrollo científico es parte de un proceso cultural que refleja la necesidad, inherente al hombre, de entender el mundo que lo rodea. Asociado a este entendimiento surge la transformación del entorno que el hombre ha utilizado no sólo como una herramienta para lograr un mayor bienestar, sino también como un medio de dominación. La necesidad de conocimiento y su utilización son facetas de la naturaleza humana que forman parte de un continuo. Sin embargo, con el curso de los años, la generación de conocimiento y su utilización han pasado a ser actividades de interés social y con ello ha surgido una compartimentalización inconveniente.

En nuestro país, la búsqueda del conocimiento (o ciencia básica, como se ha dado por calificarla) es considerada por muchos como un *lujo insostenible*. En cambio, se enfatiza cada vez más la necesidad de vincular la ciencia con el aparato productivo y con la solución de las *prioridades nacionales*. Como consecuencia, el financiamiento para la investigación básica ha disminuido significativamente, lo que, a su vez, ha reducido el número, ya de por sí escaso, de jóvenes interesados en realizar actividades científicas en las universidades y en los institutos de investigación.

Paradójicamente, estas restricciones se han hecho más patentes en el momento en que las neurociencias, la biología molecular, la genética, la ciencia de nuevos materiales, la microelectrónica, la computación, etc., tienen un desarrollo espectacular, con lo que se están perfilando las bases de lo que serán los grandes cambios tecnológicos de un futuro relativamente próximo.

Cabe preguntarse dónde estaremos dentro de 10 años, a fines de este milenio, con la tendencia actual de contracción de la actividad científica. ¿Tendremos conocimientos suficientes como sociedad para comprender los nuevos conceptos que se están generando? ¿Seremos capaces de utilizar ese conocimiento para mejorar el bienestar de nuestra población? ¿O bien seremos, una vez más, espectadores pasivos de los eventos que están transformando el mundo contemporáneo?



El que la sociedad espere que el conocimiento derivado de la ciencia y la tecnología sea *socialmente útil* es razonable, sobre todo si la generación de este conocimiento es sufragada con fondos proporcionados por ella misma. El problema es entender cabalmente lo que se quiere decir con *socialmente útil*. Para ello es importante señalar que la utilidad no es una cualidad intrínseca del conocimiento. Depende de la existencia de un usuario potencial, de la capacidad de este usuario de tener acceso a ese conocimiento, de entenderlo y de utilizarlo para un propósito específico.

El usuario del conocimiento científico puede ser otro científico, o bien el industrial que trata de resolver sus problemas de producción. También son usuarios del conocimiento los estudiantes de posgrado y el público en general. Es, por lo tanto, un error pensar que el conocimiento será *útil* siempre y cuando esté asociado con un beneficio económico inmediato. El conocimiento también será útil en la medida en que existan grupos sociales que requieran de él para sus propios fines, en el sentido más amplio.

En países como el nuestro la investigación científica y tecnológica juega un papel marginal en el desarrollo nacional y en la preparación de una infraestructura humana adecuada a las múltiples situaciones que es necesario resolver. Ello se debe, entre otros factores, a la falta de cultura científica nacional. Por ello es importante sensibilizar a la sociedad acerca de la importancia que tiene para el país realizar investigación científica y tecnológica de alta calidad. Es necesario insistir que uno de los productos más importantes de esta investigación es la preparación de especialistas en áreas de frontera, lo cual nos ayudará a seleccionar y a utilizar más adecuadamente la tecnología disponible y también a desarrollar nuestra propia tecnología. Una mayor cultura científica nacional también nos ayudará a entender en un mayor grado el mundo que nos rodea y vivir en él y con él.

En este contexto, la divulgación de la ciencia es una actividad que no podemos dejar para mañana. Es ahora cuando la necesitamos, más que nunca. De no incorporar *ahora* a las jóvenes generaciones a la investigación científica, corremos el peligro de que dentro de poco tiempo ya no haya más investigación científica en nuestro país. Es por ello que veo con mucho agrado que existan revistas como la de la Facultad de Ciencias de la UNAM, que han tomado sobre sí parte de la responsabilidad de difundir el conocimiento científico. El número que hoy se presenta es producto del esfuerzo conjunto de varios científicos jóvenes, formados por la generación a que pertenezco, que desean difundir sus conocimientos y sus experiencias a un público más amplio. Como neurofisiólogo, no puedo más que congratularme que se dedique todo un número a los temas que me interesan, y que estoy seguro serán del interés de muchos más.



Es para mí muy simbólico que el primer artículo sea una entrevista a Ramón Álvarez Buylla, quien fue mi maestro y quien despertó en mí el entusiasmo por la investigación científica. Creo que él es un ejemplo claro de lo que significa la dedicación a la ciencia y el compromiso con una forma de vivir. Como todas las entrevistas, esta es, por necesidad, incompleta. Hay muchas facetas de él que aún son desconocidas por los jóvenes que inician su actividad científica. Fue él uno de los primeros que empezaron con transplantes en el sistema nervioso. Encontró que, en animales hipofisoprivos, el trasplante de la glándula salival en la silla turca promovía una cierta recuperación funcional y aumentaba la sobrevivencia de los animales. Yo podría hablarles más de la obra de Ramón Álvarez-Buylla y de muchas anécdotas, producto de tantos años compartidos, pero no es éste el momento.

Hojeando la revista que ahora se presenta, me encontré con el artículo de Aguilar, Mendoza y Drucker-Colín acerca del desarrollo y funcionalidad de los transplantes de tejido nervioso. Me ha llamado la atención que no mencionen el trabajo pionero de Ramón Álvarez-Buylla. En cambio, para sorpresa mía, hacen amplia referencia al trabajo del mexicano Raúl May. Entre 1930 y 1962 este investigador publicó sus estudios de trasplante de distintos tipos de tejido nervioso y de tejido muscular en la cámara anterior del ojo y del proceso de reinervación. Al parecer, las contribuciones de este investigador fueron importantes, pero debo confesar que nunca había yo oído hablar de él, y creo que tampoco muchos de los aquí presentes. Esto refleja en parte la ignorancia que muchas veces tenemos acerca de las contribuciones al conocimiento universal hechas por nuestros propios científicos. Quiero insistir en ello porque esta falta de difusión de los logros de la ciencia mexicana, en cierta forma, ha contribuido a que sea poco apoyada.

Gabriel Cota, del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV, escribe acerca de los canales iónicos en las membranas neuronales. Describe algunas de sus propiedades fundamentales, analiza las fuerzas que determinan los movimientos iónicos a través de esos canales, los distintos tipos de canales iónicos y algunas de las áreas actuales de investigación en este campo. Creo que ésta es una revisión bastante completa accesible al no especialista. El lenguaje utilizado es sencillo y creo que será un artículo muy solicitado por los jóvenes estudiantes que se inician en la actividad científica.

El artículo de Lourdes Massieu, del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, es una revisión acerca del papel del calcio en la transmisión sináptica. Nos habla de los cambios que llevan a la liberación del transmisor químico en las terminales presinápticas. En otro artículo, José Luis Góngora, también del CINVESTAV, ahora en Mérida, revisa algunos aspectos de la modulación de la regulación de la efica-



cia sináptica por medio de segundos mensajeros intracelulares, tales como el inositol trifosfato, el inositol tetrafosfato y el diacilglicerol. Está bien escrito y cubre un área compleja y de actualidad.

El problema de la comunicación intercelular en el sistema nervioso y sus alteraciones es analizado por Clorinda Arias y Ricardo Tapia. En este artículo revisan algunas de las alteraciones bioquímicas que ocurren en las enfermedades degenerativas, tales como la enfermedad de Huntington, la demencia de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson y diversas degeneraciones espinocerebelosas, así como en la epilepsia, esquizofrenia y miastenia gravis. Llama la atención que en algunas de estas enfermedades la degeneración celular ocurra después de un período de diferenciación y función normales, y que se vean afectadas poblaciones específicas de neuronas sin que se alteren sistemas neuronales contiguos. Este artículo hace hincapié en el papel que juegan los aminoácidos ácidos excitadores en este proceso degenerativo, y documenta las alteraciones metabólicas y reducción en neurotransmisores concomitantes. Lo importante de este artículo es que hace patente que el conocimiento de la fisiología y la bioquímica de las enfermedades nerviosas en el humano y en modelos animales ha permitido el desarrollo de terapias más efectivas para su tratamiento. Los ejemplos más dramáticos son quizás la terapia de la enfermedad de Parkinson con L-DOPA, el de agentes neurolépticos que bloquean la actividad dopaminérgica en la psicosis esquizofrénica, el uso de litio en los estados maniaco-depresivos, etc. Ilustran claramente cómo la investigación básica puede contribuir en forma efectiva a la cura de algunas alteraciones funcionales del sistema nervioso.

Tres artículos más han llamado mi atención, por razones diversas. El de Carlos García Moreira, en relación a los problemas en la articulación de la mandíbula; el de Sánchez Ramos, acerca de la platicidad neuronal durante la época del canto de los canarios; y el de Ismael Espinosa, sobre los robots flexibles y las redes neuronales.

En su artículo, García Moreira nos presenta algunas de sus propias observaciones con el reflejo miotático mandibular y de cómo éste es inhibido por estimulación aferente. La inhibición del reflejo miotático disminuye en pacientes con disfunciones de la articulación cráneo-mandibular. Ello permite hacer algunas inferencias acerca de los procesos que se ven afectados durante condiciones patológicas y permiten la utilización de criterios más objetivos para evaluar los distintos tratamientos. El artículo está escrito en forma sencilla y accesible, y muestra claramente cómo es posible desarrollar investigación original ligada a la enseñanza, algo fundamental en nuestro medio.

El estudio de los cambios neuronales que ocurren en los canarios durante su ciclo vital, en asociación con el canto y sus hor-



monas, se ha manifestado como uno de los modelos más interesantes de plasticidad neuronal. Un líder en estos estudios es Fernando Nottebohm, ahora en la Universidad Rockefeller de Nueva York. Junto con uno de sus colaboradores más recientes, Arturo Alvarez-Buylla ha estudiado los cambios morfológicos que ocurren en varios núcleos cerebrales durante el aprendizaje del canto. Los núcleos estudiados contienen neuronas que captan selectivamente las hormonas androgénicas. Durante la primavera, los núcleos del canto aumentan de volumen y esto coincide con el incremento de los niveles de testosterona. Las dendritas de las neuronas en estos núcleos sufren un crecimiento considerable, y se ha supuesto que con ello aumentan las conexiones sinápticas entre las células nerviosas. Además del aumento en las ramificaciones dendríticas, Nottebohm ha podido demostrar que aumenta el número de neuronas. Con Arturo Alvarez-Buylla, demuestra además que estas células se originan en el ventrículo y emigran hasta el núcleo, al mismo tiempo que se diferencian. Ellos postulan que este proceso de neurogénesis es importante en el aprendizaje del canto. La modulación de las conexiones neuronales por hormonas es un tema de gran actualidad que invita a preguntarse si existen mecanismos semejantes en los primates y en el humano. El conocimiento de los factores que controlan la transmisión de información en el sistema nervioso es de gran interés, no sólo teórico, sino también práctico, ya que con el tiempo podría ayudarnos a entender los factores que modulan algunos de nuestros comportamientos.

El artículo de Ismael Espinosa se presta un poco más a la especulación filosófica. Nos habla sobre el modelado de las redes neuronales y de cómo han ido evolucionando nuestros conceptos acerca de la organización funcional del sistema nervioso. Describe las funciones básicas de la neurona como elemento procesador de información y algunas de las propiedades computacionales de redes neuronales artificiales, en las que el peso de las interconexiones y el procesamiento distribuido en paralelo dan a esas redes la capacidad de aprender y de reconocer patrones. También nos habla de las posibles aplicaciones de las redes neuronales artificiales, y, lo que es más interesante, de la forma en que el conocimiento básico, derivado de la experimentación neurofisiológica, ha proporcionado elementos importantes en el diseño de estos circuitos neuronales. De allí pasa a consideraciones más filosóficas que son importantes para aquellos que estudiamos el sistema nervioso, expresadas en las palabras de Floyd Ratliff, un investigador distinguido de la Universidad Rockefeller, colaborador por muchos años de Keffer Hartline, quien ganó el premio Nobel por sus estudios en el ojo del *Limulus*. Creo que las ideas de este investigador describen, con bastante exactitud, el anhelo de muchos neurocientíficos que creemos firmemente que, en la medida en que entendamos mejor el funcionamiento de nuestro sistema nervioso, seremos también capaces de entender el funcionamiento de conjuntos de sistemas



nerviosos que se comunican entre sí, o sea de nuestro propio sistema social. Los artículos presentados en esta revista nos dan una indicación clara de los muchos temas de investigación en las neurociencias y de lo poco que conocemos acerca de nuestro propio sistema nervioso. Representan un intento fresco y estimulante de nuestros jóvenes colegas, que me parece necesario estimular e imitar. Estoy seguro de que, si se continúa con este esfuerzo, habrá un mayor entendimiento de lo que es la ciencia, sus posibilidades y limitaciones, y de la forma en que puede contribuir a un mayor bienestar colectivo. Creo firmemente que nuestra sobrevivencia como especie dependerá en alto grado de la forma y la manera en que podamos conocernos a nosotros mismos, del cómo y por qué somos.

Pablo Rudomín

Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias

La configuración disciplinaria de la profesión académica

The disciplinary shaping of the profession, Tony Becher, publicado en *The Academic Profession. National, disciplinary and institutional settings*, B. Clark (ed.), Univ. Cal. Press, Berkeley, 1987, 271 p.

¿Puede hablarse de una profesión académica? ¿Cuáles son los elementos que la definen y la caracterizan? ¿Sería más adecuado referirse a un conjunto de profesiones agrupadas al amparo de las instituciones de educación superior?

Tony Becher deja de lado la polémica sobre si puede o no hablarse de la profesión académica como unidad, para centrarse en la necesidad de identificar los elementos clave que permitan diferenciar las habilidades y tareas intelectuales y culturales asociadas a ella. Partiendo del esfuerzo de conciliar enfoques aparentemente opuestos, que realiza mediante la crítica a algunos trabajos previos de clasificación, Becher señala la conveniencia de estudiar a la profesión académica desde su diversidad, más que desde su unidad.

Ahora bien, ¿cuál es el punto de partida para la definición de estos elementos clave? Becher afirma que tanto la constante producción y especialización del conocimiento como el monopolio de la autoridad de los académicos sobre el mismo, propiciaron la apa-



ración de las disciplinas como elementos organizadores y estructuradores del conocimiento. Por otro lado, existe una estrecha correlación entre las características epistemológicas de los campos de conocimiento y la cultura profesional de los académicos asociados en torno a ella. En este sentido, la disciplina se ha constituido como conformadora de la profesión académica.

A partir de estas consideraciones, Becher propone una clasificación de las disciplinas tradicionales y explora las diferencias en las prácticas profesionales de académicos con distintos retos intelectuales. Logra descifrar formas de organización del trabajo, objetivos del quehacer académico, procesos de iniciación, de interacción social, de especialización y de crecimiento y cambio del conocimiento generado en cada campo disciplinario. Baza su propuesta en información recabada mediante entrevistas no estructuradas a cerca de 130 académicos (desde estudiantes de doctorado hasta profesores titulares) en tres departamentos de universidades inglesas y su contraparte en la Universidad de California en Berkeley.

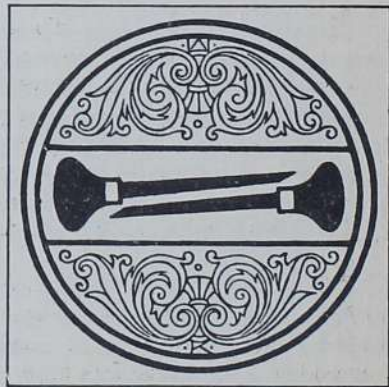
Su clasificación propone cuatro grandes grupos disciplinarios. El autor insiste en que no se trata de una agrupación rígida de las disciplinas tradicionales, pues sus fronteras siempre serán movibles y por ello no encajan perfectamente en ninguno de los cuatro grandes nichos. Acepta, sin embargo, sacrificar la precisión de los detalles a favor de una comprensión global de la diversidad.

Los cuatro grandes grupos en los cuales divide a las áreas del conocimiento son los siguientes:

Puras duras, entre las que se encuentran las matemáticas y la física. Este tipo de disciplinas se caracteriza por un conocimiento acumulable y progresivo: crecen por agregación a la manera de los cristales; están interesadas en lo universal, lo cuantificable y la simplificación; presentan sus resultados a través de descubrimientos y explicaciones.

Suaves puras, incluyen las humanidades y las ciencias sociales. En este tipo de disciplinas el conocimiento es reiterativo y revisionista; trabajan en terrenos ya estudiados por otros; su crecimiento es orgánico y sin dirección precisa; buscan comprender lo complejo y no simplificarlo; sus resultados se manifiestan en la comprensión y la reinterpretación.

Duras aplicadas, consisten básicamente en las tecnologías. El énfasis de este tipo de disciplinas está puesto en el saber hacer vía el conocimiento *duro*; tienen un propósito concreto y un fin práctico; su objetivo central es el dominio del mundo físico; sus resultados se manifiestan en productos y técnicas.



Suaves aplicadas, dentro de las cuales la educación es tal vez el ejemplo más completo. Se centran en el saber hacer vía el conocimiento *suave*; están interesadas principalmente en el mejoramiento de las prácticas profesionales y se basan en constantes reformulaciones; son juzgadas con criterios utilitarios y funcionales y sus resultados se presentan vía protocolos y procedimientos.

Becher nos habla de cuatro tipos de procesos que se encuentran diferenciados según las disciplinas, a saber:

1) *Procesos de iniciación*. Se refieren a cómo los individuos se identifican con una disciplina en particular, por un lado, y por otro, a cómo una comunidad académica dada incorpora a sus nuevos miembros. En este punto cobran especial importancia las formas particulares de organización del trabajo (colectivo, competitivo y gremial en las duras; individualista, pluralista y poco estructurado en las suaves) y el peso diferente que se otorga a los estudios de posgrado (las puras) o a la experiencia profesional (las aplicadas).

2) *Procesos de interacción social*. Se refieren a cómo los académicos se relacionan con su medio intra y extrainstitucional, individual y colectivamente. El autor señala las diferencias entre quienes aspiran a destacar tanto en el campo de la investigación como en la difusión e interacción con su pares: los cosmopolitas, y quienes se concentran en la enseñanza y la administración: los locales.

Los canales de comunicación que se establecen, los recursos puestos en juego, las responsabilidades exigidas a cada uno y los patrones de publicación de resultados corresponden a características particulares del campo disciplinario. En las disciplinas puras duras, por ejemplo, en las que los problemas de investigación están claramente identificados y son relativamente pocos en número, varios equipos, dispersos geográficamente, pueden estar trabajando en temas muy relacionados. Por lo mismo su ritmo de producción es rápido y tienen fuertes exigencias para mantener sus reportes de investigación al día. Ello obliga a agilizar canales de publicación, a realizar reuniones internacionales frecuentes, a promover visitas mutuas y a hacer circular documentos de resultados aun antes de su publicación. En las disciplinas suaves el ritmo de intercambio es mucho más relajado, puesto que los problemas intelectuales son mucho más dispersos y responden más a intereses individuales. La asistencia a conferencias es ocasional y el intercambio se realiza preferentemente por el estudio de lo que otros han publicado, que puede retrasarse hasta uno o dos años.

Existen además distinciones en el estatus político y el prestigio de las disciplinas. Por lo general la física goza de un elevado prestigio mientras que la educación es significativamente menos prestigiosa. Estas diferencias se relacionan con características del



trabajo académico que exigen las disciplinas. En la física no es difícil el consenso colegiado, es un campo de *paradigma muy alto*; por otra parte, debido a los costos tan elevados que requiere la investigación se hace necesario que los físicos hablen con una sola voz para lograr recursos adecuados. La educación, por su parte, tiene una base intelectual muy inestable debido a que se desprende de manera ecléctica del conocimiento puro suave de las humanidades y las ciencias sociales. Su exigencia de recursos es muy baja porque la investigación es individualista y poco costosa. Por otra parte, se relaciona con un campo tan dividido por aspectos doctrinarios que es difícil lograr consenso entre los investigadores respecto de sus prioridades.

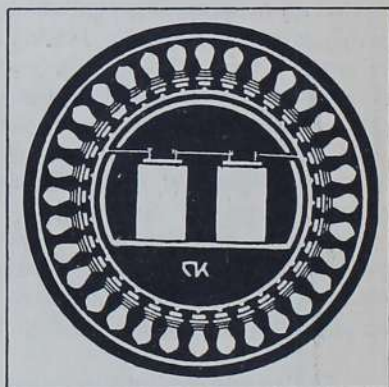
3) *Procesos de especialización.* Al analizar estos procesos Becher considera que hay que enfocarlos de manera mucho más precisa y particular, porque constituyen formas mayores de fragmentación de la profesión académica. La química es tal vez el campo más especializado y la ciencia política el menos especializado. La especialización significa afiliarse a una comunidad relativamente pequeña y con lazos muy estrechos entre sus miembros. El círculo de referencia puede reducirse a cifras no mayores de tres dígitos y, en algunos casos, más ligados con las disciplinas puras duras, convertirse en verdaderas camarillas. De cualquier forma las especialidades pueden describirse como formas de inversión intelectual relativamente elevadas y por lo mismo los académicos perseveran en ellas hasta obtener rendimientos satisfactorios.

4) *Procesos a partir de los cuales las disciplinas cambian.* De acuerdo con éstos, la actividad intelectual ya no es consistente con la visión de una pauta autocontenida y reproductora. Las disciplinas se ven afectadas por la permeabilidad de sus fronteras, por la rigidez de sus estructuras internas, por modificación de valores, por introducción de modas, por creación de nuevas materias de estudio, por migración y movilidad de los académicos (tanto geográfica como disciplinaria).

La lectura de este artículo, ágil y amena, nos da la posibilidad de incursionar en el mundo académico desde una perspectiva global, por lo que es recomendable para todos aquellos que de una u otra forma estén en contacto con este apasionante mundo.

Agradecimiento. La autora agradece a la Dra. María de Ibarrola sus sugerencias sobre el manuscrito.

Rebeca Reynoso Angulo
Departamento de Investigaciones Educativas

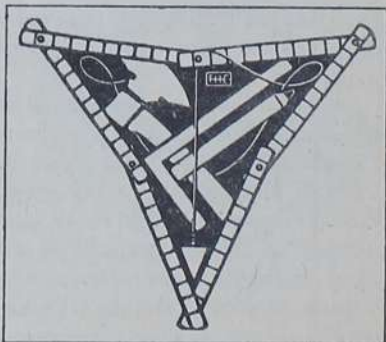


mera Asamblea Regional" en Querétaro, en abril de 1952. El entusiasmo que produjo a Candelario esta reunión lo llevó a estudiar física en la Universidad de Purdue.

Candelario relata su estancia en la Universidad de Purdue en el capítulo "Los Orígenes". Su encuentro con Gustavo del Castillo, doctorado en Purdue, es determinante para el nacimiento del Instituto y la Escuela de Física en San Luis. Recupera las cartas que Gustavo le escribe ya en tierras potosinas para relatar el comienzo de la aventura. Casi al final del capítulo cita la nota periodística que anunciaba que "Desde hoy San Luis formará sus propios físicos". Esta nota aparece en la portada del libro.

"Los Primeros Tiempos" se ocupa de las vicisitudes de la Escuela de Física de San Luis Potosí y del viaje de estudios que Candelario hizo a Francia. Después de que en 1957 la Unión Soviética puso en órbita el Sputnik se desató una euforia coheteril que contagió a la joven Escuela de Física. Candelario nos enteramos de la creación, en 1962, de la Comisión Nacional del Espacio Exterior, institución que tuvo una corta existencia y pronto desapareció, sin pena ni gloria. Los triunfos del Instituto de Física potosino ocupan parte importante de este capítulo. El desarrollo de un laboratorio de rayos cósmicos por parte de Gustavo del Castillo es una hazaña que no puede pasar desapercibida. Pero no todo es gloria: la planta cultivada es muy delicada y no alcanza a ser fortalecida. Después de una estancia relativamente corta en Francia, Candelario regresa: "... el domingo 19 de junio de 1959 me encontraba de regreso en San Luis Potosí. Al día siguiente me presenté en la universidad. La Escuela de Física era un lugar desolado y triste. Sólo ruinas quedaban de lo que alguna vez había sido considerado como un centro de enseñanza e investigación con un brillante provenir".

Los esfuerzos para enderezar la nave se relatan en el capítulo que Candelario llama "La Consolidación". Se trata de una historia local que empieza: "Aquella mañana del lunes 20 de julio de 1959 me encontraba en el centro del desastre". Viene luego la serie de esfuerzos para revivir la escuela, captar estudiantes, cambiar planes de estudio, etc. Hay un episodio especialmente interesante: una visita sorpresiva de Guillermo Haro. En palabras de Candelario: "Haro quedó impresionado por la modestia de nuestras instalaciones y comprendió nuestros frustrados anhelos de progreso material... fue a ver a Sandoval Vallarta, y no sólo pidió, sino que exigió ayuda económica para nuestro andrajoso instituto". La ayuda llegó en un par de meses y hubo, además, una partida mensual para equipo y materiales. El episodio termina con el siguiente párrafo: "Con su acto de solidaridad hacia nuestro instituto, el astrónomo Haro entró en los anales de la física potosina como el más desinteresado de los benefactores. Llegó de incógnito, se fue calladamente y jamás volvió".



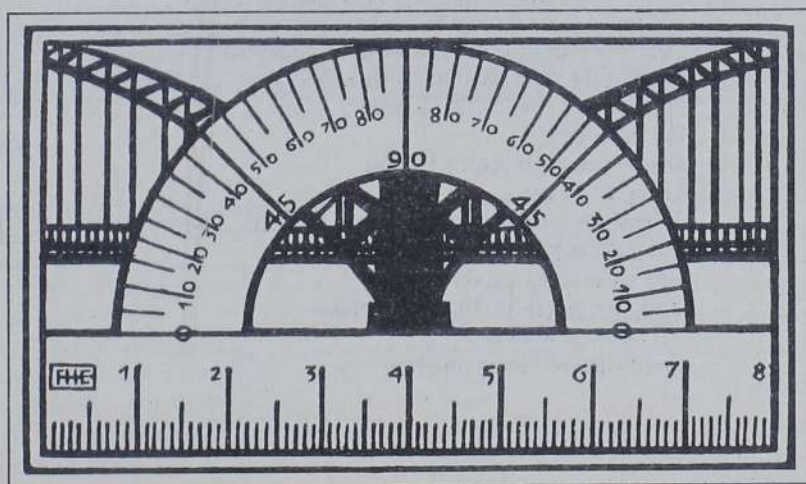
"Física al Amanecer" debe ser considerado como parte sustancial de la autobiografía de un personaje ligado estrechamente al desarrollo de la física en San Luis. No sólo relata la historia de la física potosina, sino que da una perspectiva de lo que pasó en el periodo relatado al tratar de ver los hechos desde una posición alejada. Candelario se ha separado un buen trecho en el tiempo para contar su historia. Nos habla ahora, después de un cuarto de siglo de haber dejado San Luis y a 35 años de la fundación de la Escuela de Física.

No vaya a pensarse que este es un libro sólo para potosinos. Todo interesado en la historia de la ciencia en México puede obtener algo. Además, siempre puede acercarse uno a estas páginas para enterarse de una aventura.

A los potosinos, al menos para quienes pasaron por la Escuela de Física en la época de Candelario, les queda muy buen sabor de boca después de leer el libro. Quienes han continuado la labor afirman haber obtenido nuevos bríos para proseguirla. Hay quien señala que aun estando en desacuerdo con varios de los puntos de vista de Candelario, ha encontrado sumamente positivo el balance de los hechos relatados. A pesar de todos los problemas y escollos que Candelario relata, al final, al terminar el libro, queda la impresión que dejan las historias de triunfos por lo que aquí manifiesto mi desacuerdo con uno de los párrafos del prólogo: "La historia de la física en México es muy triste. Tan triste como la soledad". Del propio libro se desprende que, al menos para los físicos y los universitarios de San Luis, por lo que cuenta el mismo Candelario, esta afirmación es falsa.

Francisco Mejía Lira
Instituto de Física, UASLP

SERVICIOS AL PÚBLICO
BIBLIOTECA AREA BIBLIOTECA
CINVESTAV





matices

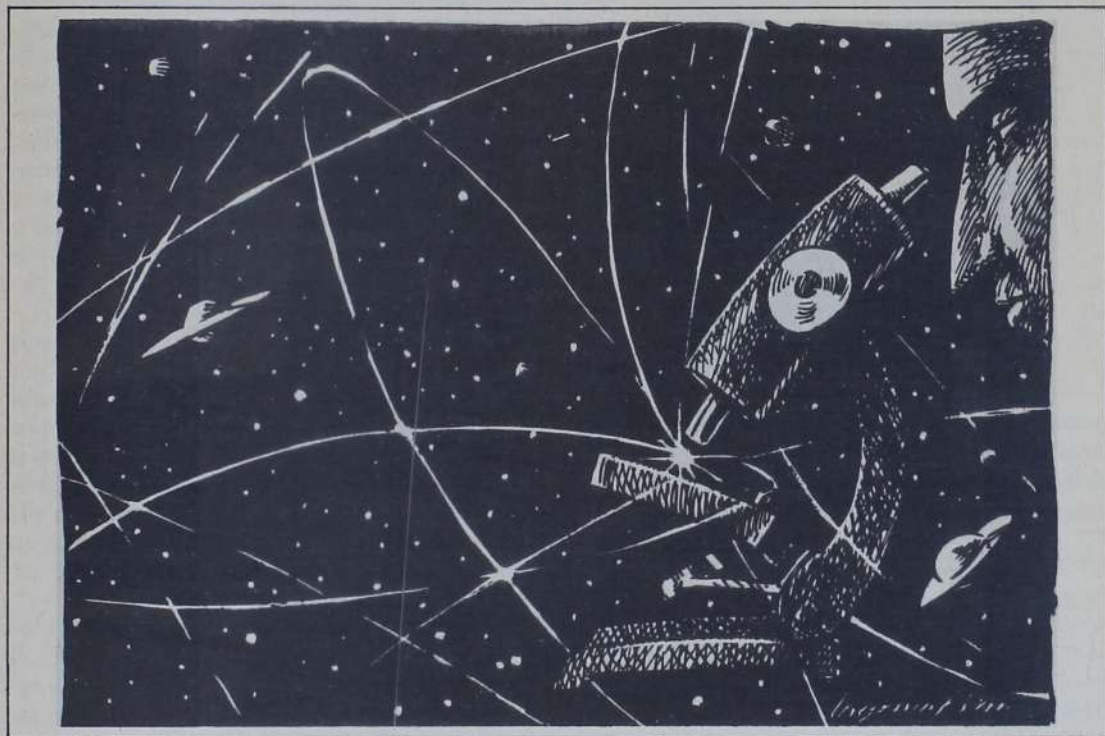
Madrid... Tomas callejeras...

Jorge Hernández R.

Montaño de chorizo, Calle de Botoneros
 Tienda de Abanicos y paraguas
 Alcalá...
 Café largo o cortaño
 Estación de Atocha
 Platos majos, Queso Machacón
 Ojos Verdes. Ojos Negros
 Piernas, piernas. Serranas y de las otras...
 Gazpacho
 Marías, Rocíos, Julias, Cármenes...
 Ojos Negros. Ojos Verdes
 Un chato de Amontillao
 Una taberna: "El Mejillón de Lavapiés"
 Puerta del Sol
 Paseo de la Castellana
 Veinte años: María
 Calle de Carretas, Arco de Cuchilleros
 "Gallinejas y Entresijos"
 Calle de Caravaca
 "Manifestación de Mujeres en la Plaza Benavente"
 ... "con la falda Almidoná"
 "Un Moro un Amigo, un Racista un Enemigo"
 Pinchos de Moruno, Patatas Bravías
 "Franco y un Millón de Muertos"...
 Bar "Río Tinto"
 Dos Viejas, de Balcón a Balcón
 Lavapiés y Lara...
 "Llevamos un Mundo nuevo en el Corazón" Durruti, 1936
 (Todavía lo llevamos...)
 Una caña de Clara, otra...
 Chopitos en aceite, Cigala rasurada
 "El Oso y el Madroño"
 En México se piensa mucho...

Panespermia dirigida

Es conocido el interés de Octavio Paz por los temas científicos de frontera. Más que homenajear al primer Premio Nobel de literatura mexicano, queremos saludar al poeta luminoso. Por ello reproducimos su ensayo sobre el origen extraterrestre de la vida: la panespermia dirigida. Fue publicado en la revista *Vuelta*, dirigida por el mismo Paz. La presente versión la tomamos del libro *Sombra de obras* (Seix Barral, Barcelona, 1983), p. 151.



Octavio Paz

Francis Crick, Premio Nobel de Biología en 1962 con James Watson y Maurice Wilkins por su descubrimiento de la estructura molecular del DNA y actualmente investigador del Instituto Salk en San Diego, California, acaba de publicar un libro que ha despertado muchos comentarios en la prensa mundial: *Life itself, its Origin and Nature* (Nueva York, 1981). Es una obra clara y breve. Su claridad no excluye ni la riqueza de las informaciones —física, biología molecular, teoría de la evolución— ni la complejidad de los hechos y razones

en que funda su arriesgada hipótesis; su brevedad puede llamarse también condensación rigurosa de un vasto saber. Así, el libro no sólo es claro y breve: es denso, arduo y osado. Es un libro de ciencia y es un ejercicio fascinante de la imaginación histórico-científica. Por esto último me atrevo a comentarlo.

Me sorprendió encontrar, desde las primeras páginas, una frase: *feliz accidente* (happy accident). Reaparece una y otra vez en los momentos



Mural de Constantine Asplund en el Museo Americano de Historia Natural, Nueva York

cruciales de la exposición, al hablar del origen de la vida en nuestro planeta o del origen de nuestro sistema solar —la gran mayoría de los otros sistemas ofrecen la desventaja de tener dos soles en lugar de uno como nosotros— o del origen del universo mismo. Encontrar tantas veces la noción de *accidente* en un libro de uno de los grandes científicos contemporáneos es un signo de los tiempos. Revela un cambio en la actitud de los hombres de ciencia: la aparición de la perspectiva histórica en la consideración de los fenómenos naturales, trátase de la materia orgánica o de la inorgánica. La palabra *accidente*, por supuesto, no designa a un fenómeno sin causa sino a un hecho excepcional y que es el resultado de la conjunción, poco frecuente o improbable, de ciertas circunstancias. El accidente no es algo indeterminado pero sí difícilmente previsible. Al determinismo intemporal de la ciencia del siglo XIX sucede la idea de un proceso entre varios *posibles*.

La ciencia contemporánea se inclina, a la manera de la historia, sobre los fenómenos particulares y aspira a comprenderlos en su evolución temporal y como lo que son realmente: excepcio-

nes. Es irónico que en el momento mismo en que las ciencias sociales pretenden, vanamente, imitar el formalismo de las ciencias puras, éstas adopten el punto de vista histórico (pero sin renunciar a la regularidad sino, más bien, dentro de ella). El dominio de las matemáticas está fuera del tiempo y el teorema de Pitágoras es hoy tan cierto como el día en que fue formulado. Sin embargo, apenas intentamos aplicar las matemáticas y sus combinaciones a la materia, debemos tomar en cuenta al factor tiempo. Y el tiempo es cambio: particularidad, historia. Hace poco, en una conferencia pronunciada ante la Academia de Ciencias y Artes de Boston, el físico Víctor F. Weisskopf del MIT indicó que el universo, con sus galaxias, sus sistemas solares, sus moléculas, sus átomos y sus partículas, tiene una historia que la ciencia física debe tomar en consideración. El libro de Crick revela que la materia orgánica, con sus moléculas, sus ácidos y sus mecanismos de reproducción celular, mutación y selección natural, también tiene una historia.

Crick pone al servicio de su exploración todo lo que sabemos en materia de astronomía, física nuclear y biología molecular. Su método recuerda al de los historiadores y los arqueólogos: los datos científicos, como las piedras y los documentos al historiador, le sirven para su reconstrucción del pasado de la materia viva. Sólo que en su caso ese pasado no se cuenta en millares de años sino en billones de siglos. El método también hace pensar en la criminología. Mezcla sorprendente, como en Sherlock Holmes, de sólido empirismo, inducciones arriesgadas y deducciones categóricas. Pero el método no sólo evoca a los procedimientos e hipótesis de historiadores y detectives: el adjetivo *feliz*, unido al sustantivo *accidente*, hace pensar en otra tradición: la de la historia sagrada. Llamar *feliz accidente* a la aparición de la vida sobre la tierra debe hacer fruncir el entrecejo a más de un budista: todos ellos están empeñados en escapar de la rueda de las transmigraciones; en cambio, hace sonreír a un cristiano: San Agustín llamó *feliz culpa* a la de Adán y Eva porque, sin su pecado, Cristo no se habría hecho hombre ni habría muerto en la cruz por nosotros. A medida que avanzaba en la lectura del libro de Crick se dibujaba con mayor claridad lo que al principio me pareció una sospecha gratuita: leía una suerte de transposición o alegoría moderna, laica, materialista y atea, de la

vieja historia judeo-cristiana de la creación de la vida.

Enigmas de las génesis

Un misterio rodea al origen de la vida, al de nuestro sistema solar y al del universo. Todo comenzó con el *Big Bang* o como traduce, y muy bien, Jorge Hernández Campos: el Gran Pum. Steve Weinberg explica en su libro famoso que, en los tres primeros minutos que sucedieron al Gran Pum, se formaron los elementos de la primitiva y más bien pequeña bola de fuego que, al dilatarse y rodar, se convertiría en el universo actual, con sus estrellas innumerables¹. Pero ¿qué pasó en los primeros segundos y, sobre todo, qué pasó *antes*? Weinberg confiesa que no lo sabemos. A pesar de sus inmensos progresos, la ciencia física no puede responder a la pregunta básica: nuestra ignorancia acerca del origen del universo es la de los filósofos de Jonia hace más de dos mil quinientos años. En una ocasión, en Harvard, conversando con el físico Gerald Holton acerca de las visiones del tiempo que han elaborado las distintas civilizaciones y filosofías, me dijo que el Gran Pum, para algunos científicos, era un fenómeno recurrente: el universo comienza con el estallido de una bola de materia condensada que se dilata más y más hasta que empieza a enfriarse, cae en sí misma, se contrae y otra vez el Gran Pum! Me pareció oír una versión puesta al día del eterno retorno de los estoicos, con su cíclica conflagración universal (*ekpyrosis*) y el inevitable recomienzo. Sólo que los estoicos exageraban la fatalidad del fenómeno; los modernos, tal vez como una reacción ante el rígido determinismo del siglo XIX son más cautos. El determinismo se atempera y, en plural, reaparecen los posibles.

En un libro reciente el biólogo François Jacob dice: "Es muy difícil no encontrar elementos de arbitrariedad e incluso de fantasía en las estructuras y el funcionamiento de la naturaleza... Es imposible imaginar un mundo en el que uno más uno no sea dos. Hay un aspecto inevitable en esa relación... En cambio, podemos imaginar perfectamente un mundo en el que las leyes físicas sean diferentes a las del nuestro; un mundo en el que, por ejemplo, el hielo caiga al fondo del agua en lu-

gar de subir a la superficie; o en el que la manzana, al desprenderse de la rama, se dispare hacia arriba y desaparezca en el cielo... La contingencia se manifiesta más netamente en el mundo de la vida".² Después de esto no puede extrañarnos que Crick use la palabra *accidente* para designar la aparición de la materia viva. En verdad, fue algo más que un accidente: un prodigio. No repetiré aquí el examen, riguroso y exhaustivo, de las posibilidades de su emergencia. La conclusión es desalentadora: no podemos afirmar nada con certeza, salvo lo siguiente: "Un hombre honesto, armado con todos los conocimientos hoy disponibles, sólo podría decir que, en cierto modo, el origen de la vida aparece casi como un milagro, tantas son las condiciones que habrían tenido que satisfacerse para que comenzase". El resultado de su investigación no desanimó a Crick: "Se haya originado aquí en la Tierra o en cualquier otro lugar, la vida comenzó: éste es un hecho histórico que no podemos dejar de lado como si fuese algo insignificante." Me complace la admisión: el problema es científico y es histórico. Su resolución requiere conocimientos e imaginación.

Frente al enigma, dice Crick, hay dos —y sólo dos— teorías válidas. Una, la ortodoxa, "sostiene que la vida se originó aquí por sí misma, con poca o ninguna ayuda que viniese de fuera de nuestro sistema solar". Esta teoría no es falsa sino muy improbable y, además, indemostrable. Otra, la de Crick, considera que "acaso pudiera haber surgido en otros lugares del universo en donde, por esto o aquello, las condiciones eran más favorables". En seguida, el científico inglés emprende un examen, no menos estricto y amplio que los anteriores, para determinar con razonable probabilidad el número de planetas en la galaxia en la que podría haberse originado la vida. Las cifras marean: entre un millón y, mínimo, diez mil planetas. La segunda teoría postula "que las raíces de nuestra forma de vida aparecieron en otro lugar del universo, casi seguramente en otro planeta, en el que la vida había alcanzado una forma mucho más avanzada cuando aún no había comenzado nada aquí; y que esa vida fue esparcida (*seeded*) por microorganismos enviados en una suerte de navío espacial por una alta civilización extraterrestre". Crick llama a esta operación de siembra cósmica: *Panespermia Dirigida*.³

Una de las razones en que se apoya Crick es turbadora: el código genético de todos los seres vivos, sin excluir a las especies desaparecidas en el curso de la evolución, es el mismo. Pero ¿por qué las inteligencias extraterrestres no se transportaron ellas mismas en sus naves espaciales y prefirieron enviar a la Tierra un cargamento de bacterias? Crick explica abundantemente que, debido a la inmensidad de las distancias y a otras circunstancias no menos desfavorables, era imposible para los extraterrestres realizar el viaje a través de la galaxia. Por lo visto cada civilización —también la nuestra— está condenada a extinguirse precisamente en el planeta en donde nació y creció: sombría visión de la historia de los sistemas solares del universo. Presas en su planeta, las inteligencias extraterrestres no tuvieron más recurso que lanzar en una nave a las bacterias, únicos organismos vivos capaces de resistir la duración y las penalidades de la travesía. Las bacterias cayeron en el caldo nutritivo que era entonces la superficie terrestre, medraron, se desarrollaron y así comenzó la historia de la evolución hasta llegar a la especie humana... Aunque muchos lo han hecho con más ligereza que discernimiento, no es fácil hacer una crítica de la hipótesis de Crick. Al lego que soy, sus razones le parecen convincentes. Tengo un reparo que él comparte: tal vez su hipótesis es “un tanto

prematura”. Pero mi crítica —o más bien, mi comentario— se refiere a otro aspecto de su teoría.

Inteligencias extraterrestres y demiurgos

Es claro que la hipótesis de la Panespermia Dirigida no responde a la pregunta sobre el origen de la vida: cambia el lugar de su aparición, eso es todo. Continuamos sin saber cómo emergió la vida en nuestro planeta. Tampoco en el otro; en realidad, no sabemos nada ni de ese planeta ni de sus inteligentes nativos. ¿Cómo saber si en ese planeta que nos envió sus bacterias hace miles de millones de años existían condiciones favorables para que comenzase la vida? Muy bien pudo ocurrir que otra civilización de otro planeta les haya enviado, por un procedimiento análogo, un cargamento de microorganismos. La hipótesis de la Panespermia Dirigida puede aplicarse indefinidamente —regresión que escandalizaría a los lógicos— hasta encontrar al planeta en donde sí haya existido el “caldo de pollo” y las otras condiciones propicias a la emergencia de la vida. Ese planeta, tanto desde el punto de vista de la lógica como del de su comprobación empírica, es inlocalizable. No digo



que no haya podido existir: digo que *nunca* podrá encontrarse. Es un planeta que está, como la felicidad en el poema de Baudelaire, "anywhere out of this world". Crick no responde a estas preguntas. Mejor dicho: ni siquiera se las hace; se limita a decirnos que las bacterias fueron fabricadas —o seleccionadas: no lo aclara— por altas inteligencias extraterrestres y lanzadas hacia la Tierra. Esta afirmación puede verse como una respuesta implícita. Es bueno compararla con las que ha dado la tradición al mismo problema.

Ante el enigma del origen —el del universo, el de la vida y el del hombre— los antiguos conocieron dos respuestas: unos, como los judíos y los cristianos, creían que un Dios omnipotente había creado al mundo, a las plantas, los animales y los hombres; otros, sostenían que el universo existía por sí mismo y que era eterno o estaba sujeto a destrucciones y resurrecciones cíclicas. Aristóteles, por ejemplo, creía que el universo no había tenido principio ni tendría fin y que, ventaja suplementaria, era finito. El Gran Pum está en contra de Aristóteles y de su universo autosuficiente: el mundo tuvo un principio y de ahí que sea necesario afirmar que también tuvieron un comienzo nuestro sistema solar y la vida terrestre. No sabemos a ciencia cierta si el Gran Pum es recurrente o si ha sido un fenómeno único. La idea de un dios creador omnipotente repugna a muchos espíritus modernos; tampoco era del gusto de la mayoría de los filósofos de la antigüedad aunque por razones opuestas a las nuestras: no era digno de Dios crear un mundo como el nuestro, regido por la contingencia. Platón habla, en el *Timeo*, de un demiurgo que crea, a imitación de las formas eternas, al universo con sus astros-dioses y sus hombres. El demiurgo es divino pero no es Dios en el sentido judeo-cristiano. La noción del demiurgo fue aprovechada después por otras escuelas y sectas, entre ellas por los gnósticos, que vieron en él a una divinidad maléfica, origen de la materia, el pecado y el tiempo. Así resolvieron un misterio que siempre ha perturbado a los hombres: ¿cómo un Dios perfecto, todopoderoso y bueno pudo crear un mundo cambiante y sujeto al error, al mal, a la enfermedad, el accidente y la muerte?

La alta civilización extraterrestre de Crick es el equivalente moderno no tanto del Dios omnipo-

tente de la tradición judeo-cristiana como del demiurgo de los platónicos y los gnósticos. Un demiurgo semejante al de Platón, bueno e inteligente. El parecido con el del *Timeo* es impresionante: combina, ya que no las almas y sus propiedades, las moléculas y los ácidos para reproducir (imitar) la vida y enviarla a este planeta. El demiurgo de los modernos no es individual sino colectivo y se llama civilización. Su modo de operación no es la contemplación de las esencias sino la acción histórica. La noción de demiurgo es filosófica y teológica; la de civilización es social e histórica. Sin embargo, sus funciones son semejantes. En el siglo XX la historia ha sido divinizada de muchas maneras pero esa divinización no había sido, hasta ahora, la obra de los científicos sino de los filósofos y los ideólogos. En este sentido es insólita la hipótesis de la Panespermia Dirigida: Crick es un científico notable. Por fortuna su idea no contiene gérmenes nocivos y pasionales —religiosos o políticos— capaces de encender los ánimos; nadie matará ni morirá por una civilización extraterrestre que floreció en un planeta desconocido hace millones de millones de años.

La analogía entre las inteligencias extraterrestres y el demiurgo de los antiguos no agota el paralelo. En la hipótesis de Crick hay otro elemento —inconsciente como el del demiurgo— que pertenece no a la historia profana sino a la sagrada. En la tradición cristiana Dios no sólo es creador sino redentor del mundo. Por eso es *feliz* la culpa de Eva: gracias al accidente del Edén, Dios bajó a la Tierra, se hizo hombre, padeció con nosotros y murió para darnos vida verdadera. La alta civilización extraterrestre de Crick también descende a la Tierra, en la forma humilde de unas bacterias y nos da la vida. ¿Por qué? Según Crick porque esa civilización de inteligencias superiores alcanzó en un momento de su evolución histórica e intelectual, la clara conciencia de su muerte y de la imposibilidad de escapar. Antes de morir, como Cristo, la civilización extraterrestre nos regaló la vida. Fue un acto de filantropía cósmica. Sin embargo, me pregunto cuál podría ser la reacción de un espíritu auténticamente religioso ante una teoría como la de la Panespermia Dirigida. Por ejemplo, un Bernardino de Sahagún, qué también tuvo la experiencia de otra civilización: la de los antiguos mexicanos. Me imagino que su reacción habría si-

do la misma que experimentó ante los sacrificios humanos de los aztecas. Le parecieron una fúnebre caricatura de la historia de la redención.

El episodio de los dinosaurios

La idea de la civilización extraterrestre, como metáfora o alegoría inconsciente del antiguo demiurgo, adquiere una tonalidad a un tiempo cómica y escalofriante apenas recordamos uno de los episodios más extraños de la historia de la evolución. En el período Cretáceo dominaban la Tierra unos inmensos vertebrados: los dinosaurios. Su repentina extinción hace sesenta y cinco millones de años, en el apogeo de su desarrollo, nunca ha sido explicada del todo. Crick acepta la teoría de los Alvarez⁴ (padre e hijo). Estos dos reputados científicos (el mayor es Premio Nobel de física) dan una ingeniosa explicación de la catástrofe que cambió el curso de la evolución: un asteroide de unas seis millas de diámetro cayó sobre la Tierra y tras causar un terremoto y abrir una cavidad enorme, cubrió nuestro planeta con un fino polvo que durante varios años no dejó pasar la luz solar. La vegetación pereció, ahogada por la oscuridad y el polvo. Y con ella los dinosaurios, en su mayoría vegetarianos. El infortunio de los grandes reptiles favoreció a los mamíferos, unos pequeños animales nocturnos e insectívoros, que soportaron mejor que las otras especies los años de oscuridad y escasez. Hasta entonces los mamíferos habían vivido dominados por los gigantescos saurios: el asteroide los libró de sus opresores. Los mamíferos se desarrollaron, poblaron la Tierra, cambiaron y, en un momento de su evolución, produjeron al hombre. La extinción de los dinosaurios fue un verdadero *accidente feliz*. Esas enormes bestias, dice Crick, difícilmente habrían llegado a producir inteligencias capaces de crear una ciencia y una tecnología: "los dinosaurios se habían especializado en una dirección equivocada".

Temo que Crick no haya reparado en las consecuencias que tiene para su teoría el episodio de los dinosaurios. Cuando las inteligencias extraterrestres decidieron enviar, hace miles de millones de años, sus bacterias a la Tierra, no podían prever que un asteroide chocaría con nuestro planeta y que su caída provocaría la extinción de los dino-

saurios. Este hecho no es menos histórico que el del origen de la vida y nos hace una pregunta que, asimismo, tiene dos, y sólo dos, respuestas.

La primera: las inteligencias extraterrestres fabricaron la vida a su imagen y semejanza. Si lo hicieron así, coincidieron con nuestra tradición religiosa: Dios creó al hombre a su imagen. Consecuencia: los dinosaurios debieron ser una copia más o menos fiel de las inteligencias extraterrestres y su estupidez nos enfrenta a un enigma: ¿por qué, a diferencia de sus lejanos progenitores, los sabios reptiles extraterrestres no lograron ascender en la escala de la evolución hasta llegar a la inteligencia? Tuvieron tiempo suficiente para hacerlo; se calcula que duraron más de ciento cincuenta millones de años mientras que la evolución de la especie humana se realizó apenas en unos tres millones y medio. ¿Cuánto tiempo habrían necesitado los reptiles para desarrollar una inteligencia comparable a la de los primeros homínidos? Los sabios de la civilización extraterrestre se equivocaron: los seres a su semejanza, los reptiles gigantes, fracasaron y fueron eliminados por los diminutos mamíferos.





La segunda hipótesis no es menos inquietante y también tiene un antecedente en la antigüedad: el pesimismo de los gnósticos. Las inteligencias extraterrestres fabricaron las bacterias no a su semejanza sino con un código genético distinto: el nuestro y el de todos los seres vivos terrestres, sin excluir a los dinosaurios. Si fue así, esas inteligencias revelaron una perversidad insondable por gratuita: decidieron que la Tierra fuese poblada y dominada (no previeron la caída del asteroide) por enormes y estúpidos reptiles. La primera hipótesis indica que las inteligencias extraterrestres cometieron un grave error, indigno de su alto saber; la segunda revela una maldad inexplicable. La alta civilización de Crick es el equivalente de un demiurgo estúpido o de un demiurgo perverso.

Gérmenes vagabundos

Vivimos en una red invisible de llamadas y respuestas. A veces percibimos esas señales y deci-

mos, por falta de una palabra mejor, que son *coincidencias*. Hace unos días, un poco después de haber escrito el pequeño comentario sobre el libro de Francis Crick acerca del origen de la vida, al recorrer con ojos distraídos un estante en el que guardo libros de poetas franceses, me detuve de pronto y sin motivo ante un volumen de Jules Supervielle: *Gravitations*. Movido por un impulso indefinible, lo retiré del estante y, de pie, me dispuse a hojearlo. Al pasar las páginas, en una sección cuyo título, como el del libro, no necesita comentarios: *El corazón astrológico*, me encontré con un curioso poema: *Les germes*. Confieso que no habría reparado en él a no ser por el epígrafe, una frase de Svante Augusto Arrhenius, el físico sueco que, a principios de este siglo, sostuvo por primera vez la hipótesis del origen extraterrestre de la vida. Según Arrhenius la vida comenzó por el descenso, desde los espacios estelares, de una lluvia de esporas vagabundas movidas suavemente por la luz. Los poemas de *Gravitations* (NRF, 1925) fueron escritos entre 1922 y 1924; así pues, ya en esos años la panespermia —ése fue el nombre que dio Arrhenius a su hipótesis— conmovió a los espíritus curiosos y excitaba la fantasía de los poetas.

Después de leer el poema, cambié un imaginario y fugaz signo de inteligencia con el fantasma de Supervielle. Sentí que él —alto, delgado y con aquel aire suyo de álamo que habla solo en la noche— sonreía en su mundo de allá. Incluso me pareció que sus labios invisibles me decían, en un lenguaje idéntico al silencio, estas palabras: “¿Le asombra la coincidencia? Sí, en aquellos años la idea de la Panespermia Espontánea me maravilló y me aterrorizó. Pero ¿no le parece aún más escalofriante la suposición que hoy lo desvela a usted? La Panespermia Dirigida: iunas inteligencias extraterrestres, desde otro sistema solar, hace miles de millones de años, enviaron a los planetas naves cargadas de bacterias! ¿Se imagina la desesperación de aquellas inteligencias extraterrestres que, a punto de extinguirse, decidieron confiar a los océanos sin olas de la galaxia unos gérmenes de vida? Cuando el fin se acerca, regresamos al origen...” Extrañas palabras en boca de un fantasma. Me sorprendió, además, su acento patético, elocuente. La muerte le había hecho perder uno de los encantos de su conversación: los rodeos, las vacilaciones, las pausas en busca de la palabra no demasiado exacta. Pensé en el hombre que había conoci-

do: Supervielle o la poética de la incertidumbre. Un arte que hemos olvidado... El espíritu se desvaneció

y me quedé solo de nuevo. A manera de oblación, ofrenda a sus manes, traduje el poema:

Los gérmenes

*Se repartieron por todas partes, como
si sembrasen en el universo.*

Arrhenius

Noche cegada
Y tú que, aún a través del día, buscas a los hombres
Con manos perforadas de milagros,
He aquí a los gérmenes espaciales, polen vaporoso de los mundos.
Los gérmenes que en su larga jornada han medido los cielos
Y se posan sobre la hierba sin ruido,
Capricho de una sombra que atraviesa el espíritu.

Escapan fluidos del murmullo confuso de los mundos
Hasta donde se eleva el rumor de nuestros más lejanos pensamientos,
Sueños del hombre bajo las estrellas atentas
Que suscitan zarzas violentas en pleno cielo
Y un cabrito que gira sobre sí mismo hasta volverse astro:
Dicen al marinero que va a dispersar la tormenta
Y que, al entregar su alma al último lucero,
Visto entre dos olas que se alzan,
Hace nacer de su mirada, ahogada en el mar y la muerte,
En millones de horribles años-luz, los gérmenes.
Y los postigos verdes de sus moradas tímidamente se entreabren
Como si una mano de mujer los lanzase desde allá dentro.
Pero nadie sabe que los gérmenes acaban de llegar
Mientras la noche remienda los andrajos del día.

Notas

No es el mejor Supervielle. El poema es confuso; tiene sin embargo, como casi todo lo que escribió, una gracia desmañada y secreta. Me gustan sobre todo esos gérmenes que abren sus postigos verdes —como los de tantas ventanas de París— y que una mujer lanza al espacio con el gesto de una muchacha al asomarse al balcón. Imagen diaria en la que reaparece el antiguo mito: la mano sembradora de estrellas.

1. Steve Weinberg, *The First Three Minutes*, New York, 1977.
2. Francois Jacob, *Le jeu des possibles. (Essai sur la diversité du vivant)*, París, 1981.
3. Se debe el término *panespermia* al científico sueco S.A. Arrhenius (1859-1927), premio Nobel de físico-química en 1903, que atribuyó el origen de la vida a una lluvia de esporas bacteriales venidas del espacio exterior.
4. L.W. Alvarez, "Mass extinctions caused by large bolide impacts", *Physics Today* 40, No. 7, p. 24 (1967).



SERVICIOS AL PÚBLICO
BIBLIOTECA ÁREA DE INVESTIGACIÓN
CINVESTAV

CINVESTAV-IPN
Sección de Matemática Educativa

MAESTRIA EN CIENCIAS
Orientada a la Educación Matemática en el Bachillerato

PERIODO 1991-1992.

Dirigida a profesores de Matemáticas del Nivel Medio Superior, así como a profesionales interesados en impartir clases de Matemáticas o hacer investigación acerca de problemas de la enseñanza de la Matemática en ese nivel.

OBJETIVOS:

- Formar investigadores en los problemas de la Educación Matemática del Nivel Medio Superior.
- Formar docentes de alto nivel capaces de generar y desarrollar propuestas educativas y opciones didácticas.

REQUISITOS DE INGRESO

- Ser pasante o titulado de alguna licenciatura en Matemáticas, Ingeniería o área afín.
- Aprobar examen de admisión.

FECHA DE EXAMEN: 12 DE AGOSTO — ENTREGA DE RESULTADOS: 19 DE AGOSTO
INICIO DE CURSOS: 9 DE SEPTIEMBRE

INFORMES E INSCRIPCION

Para informes e inscripciones favor de dirigirse al local de Dakota 397, Col. Nápoles, C.P. 03810, México, D.F., o comunicarse a los tels: 543-07-37 y 543-07-70 con: M. en C. Ernesto Sánchez, Dra. Blanca Margarita Parra o Srita. Elizabeth Robles.

H O A R I O : 10:00 - 18:00 hrs.

SECONT HACIA EL SIGLO XXI



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



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

CALIDAD

BIOLOGIA CELULAR

FARMACOLOGIA

SOLDADURA

CONTROL

QUIMICA

METROLOGIA

COMUNICACIONES

DISEÑAMOS CURSOS A LAS NECESIDADES DE SU INDUSTRIA

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