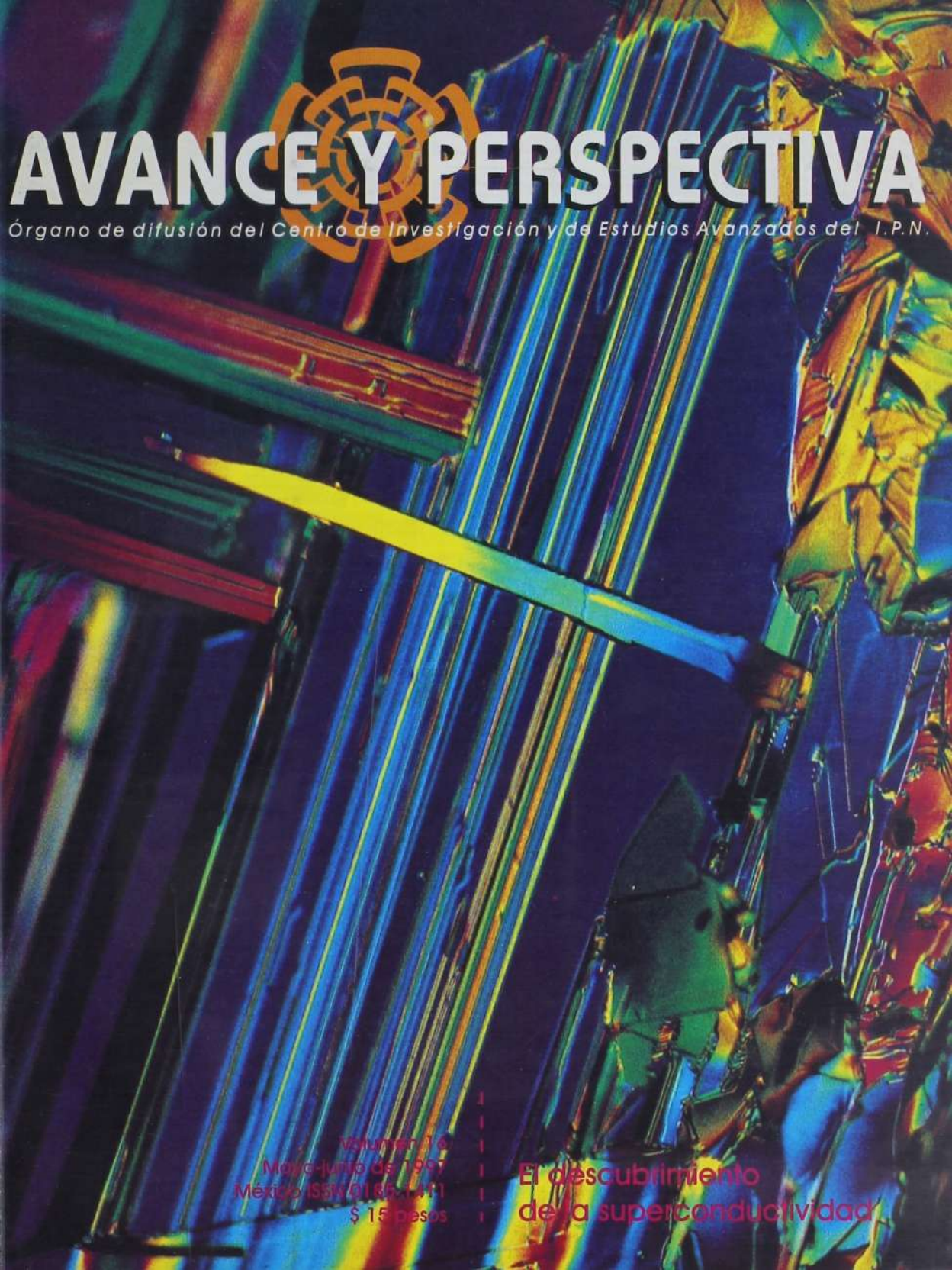




AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Volumen 16
Mayo-junio de 1997
México ISSN 0185-1411
\$ 15 pesos

El descubrimiento
de la superconductividad

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

es una institución dedicada al desarrollo de la **Ciencia y la Tecnología** y a la **enseñanza** en el nivel de posgrado en 4 áreas: Ciencias Exactas, Ciencias Biológicas, Ciencias de la Ingeniería y Tecnología y Ciencias Sociales.

Dentro del área de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología **El Departamento de INGENIERÍA ELÉCTRICA** ofrece programas de **Maestría y Doctorado** (con opción de Doctorado Directo) en Ciencias con la especialidad en:

Computación

Líneas de Investigación y Desarrollo.

Bioelectrónica

Líneas de Investigación y Desarrollo

Rehabilitación

Bioinstrumentación y Procesamiento de señales.

Diseño de circuitos integrados y sensores.

Coordinación Académica
email: phernan@mx1.red.cinvestav.mx
Ext. 708 Fax: 747-70-80

Fundamentos de la Computación

Inteligencia artificial

Tecnología de Software

Computación Paralela y Distribuida

Coordinación Académica
email: sroza@mx1.red.cinvestav.mx
Ext. 3315 Fax: 747-70-02

Comunicaciones

Líneas de Investigación y Desarrollo

Comunicación de Datos

Radiocomunicaciones

Procesamiento de Señales

Telefonía

Coordinación Académica
email: dlarra@mx1.red.cinvestav.mx
Ext. 3423 Fax: 747-70-88

Control Automático

Líneas de Investigación y Desarrollo

Teoría de Sistemas

Control Robusto

Robótica y Visión por Computadora

Simulación y Control de Procesos

Coordinación Académica
email: gortchev@icti.cinvestav.mx
Ext. 3208 Fax: 747-70-89

Electrónica del Estado Sólido

Líneas de Investigación y Desarrollo

Materiales

Semiconductores: Preparación y Caracterización

Dispositivos Semiconductores

Diseño de Circuitos Integrados de Alta Integración

Coordinación Académica
email: cordera@mx1.red.cinvestav.mx
Ext. 3141 Fax: 747-71-14





AVANCE Y PERSPECTIVA

Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del IPN
CINVESTAV

DIRECTOR GENERAL
Adolfo Martínez Palomo
SECRETARIO ACADÉMICO
Manuel Méndez Nonell
SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Luis Alfonso Torres
SECRETARIO DE RECURSOS
HUMANOS Y MATERIALES
Leonardo Contreras Gómez

AVANCE Y PERSPECTIVA

DIRECTOR EDITORIAL
Enrique Campesino Romeo
EDITORIA ASOCIADA
Gloria Novoa de Vitagliano
COORDINACIÓN EDITORIAL
Martha Aldape de Navarro
DISEÑO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN
Rosario Morales Álvarez
APOYO
Sección de Fotografía
del CINVESTAV
CAPTURA
Pilar Moreno
Maria Gabriela Reyna López
Josefina Miranda López

CONSEJO EDITORIAL

Jesús Alarcón
MATEMÁTICA EDUCATIVA
René Asomoza
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Marcelino Cercijido
FISIOLOGÍA
Eugenio Frixione
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
LAB. DE QUERÉTARO
Luis G. Gorostiza
MATEMÁTICAS
Luis Herrera Estrella
UNIDAD IAPUATO
Maria de Ibarrola
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eusebio Juaristi
QUÍMICA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Juan Carlos Seijo
UNIDAD MÉRIDA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

BIBLIOTECA
ÁREA BIOLÓGICA
CINVESTAV

SUMARIO

Vol. 16

mayo-junio de 1997

- 163 *El descubrimiento de la superconductividad*
Rafael Baquero
181 *Efectos del plomo sobre la salud: el plomo y la lactancia*
José Víctor Calderón Salinas
191 *Sistemas semióticos de representación*
Fernando Hitt Espinosa

PERSPECTIVAS

- 197 *La frecuencia de la desnutrición y sus factores socioeconómicos en Yucatán*
Gilberto Balam Pereira

INNOVACIONES EDUCATIVAS

- 207 *Un nuevo currículo de ciencias para preparatoria*
Leon M. Lederman

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 211 *Nombramientos en la Unidad Mérida*
212 *Donativo de la Fundación Howard Hughes para Luis Herrera Estrella y Esther Orozco*
213 *Cinco Investigadores del Cinvestav son confirmados como investigadores eméritos del SNI*

FORO

- 215 *Capacitación en la comunicación escrita sobre asuntos biomédicos*
Roberto Mendoza Zepeda y Blanca Badillo Dávila

ESPACIO ABIERTO

- 219 *El siglo del conocimiento*
Héctor Vasconcelos

Portada: Película superconductora de $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ vista a través de microscopía reflejada con contraste de interferencia diferencial.
Foto: M.W. Davison, W. J. Rink y J. B. Schlenoff

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral. El número correspondiente a mayo-junio de 1997, volumen 16, se terminó de imprimir en abril de 1997. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. *Editor responsable:* Enrique Campesino Romeo. Oficinas: Av. IPN No. 2508 esq. Cza. 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. 577-85 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 01603-89, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Litográfica HERFAR, S.A. de C.V. Dr. García Diego 45-H, Col. Doctores, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número enero-febrero de 1997, vol. 16, pág. 74. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. *Avance y Perspectiva* se distribuye en forma gratuita a los miembros de la comunidad del CINVESTAV y a las instituciones de educación superior. Suscripción personal por un año: \$ 90 pesos.

Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México
14 al 18 de julio de 1997

Clame

Comité Latinoamericano
de Matemática Educativa



RELME

Reunión
Latinoamericana
de Matemática
Educativa



Actividades dirigidas a estudiantes, profesores e investigadores

- Conferencias magistrales
- Foros de discusión
- Talleres
- Cursos cortos
- Premio Simón Bolívar
- Revista Latinoamericana

Informes e inscripciones

Departamento de Matemática Educativa
Cinvestav-IPN

Nicolás San Juan No. 1421

Col. Del Valle, C.P. 03100

México, D.F., México

Teléfonos

(52-5) 604 1635

(52-5) 604 1704

(52-5) 688 6312

(52-5) 688 2908

Fax

(52-5) 688 6111

Correo electrónico

clame@mvax1.red.cinvestav.mx

<http://www.cinvestav.mx/clame/>

Convocan: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Cinvestav-IPN UAH Conacyt SEP ANUIES UNAM ITESM UAT
Gobierno del Estado de Michoacán (México)
Ministerio de Educación de Cuba Universidad de Costa Rica Universidad Pedagógica Nacional Universidad Javeriana (Colombia)
Universidad de Panamá Universidad de la Patagonia Universidad de Puerto Rico Universidad Autónoma de Santo Domingo

El descubrimiento de la superconductividad

Rafael Baquero

La leyenda

*Yo nací un día
que Dios estaba enfermo.
César Vallejo.¹*

La superconductividad no. La superconductividad nació un día en que Dios estaba romántico y triste. Cuenta la leyenda² que un soldadito de plomo que se encontraba abandonado por ahí, por un rincón cualquiera, había presenciado la visita de una niña al director de un laboratorio. Los científicos no abandonan su trabajo con agrado. No le va a gustar, pensó. Pero, contrario a lo esperado, al verla, el científico detuvo su trabajo, el soldadito vio cómo se le iluminaron los ojos y con qué placer le mostró todo el laboratorio, dejando incluso que tocara cosas que jamás se había permitido allí tocar a nadie. Cuando se despidieron, el científico dio un beso tan dulce a su nieta que el soldadito quedó maravillado. Fue entonces cuando vio la muñeca. La niña había dejado abandonada una preciosa muñeca. Debe ser muy lindo recibir un beso, pensó. Y la idea de conquistar el amor de la muñeca le hizo sudar intensamente plomo. ¿Pero cómo llamarle la atención? Pensó, pensó por mucho tiempo. El había presenciado muchas cosas en ese laboratorio y, finalmente, se lanzó decidido hacia un recipiente de helio líquido, al fondo del cual habían dejado olvidado un imán. Al caer dentro del helio líquido su temperatura descendió tremendamente y el soldadito, muerto de frío, se tornó superconductor. Y ahora flotaba sobre el imán, como todo superconductor, y la muñeca, emo-

El Dr. Rafael Baquero es investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav.

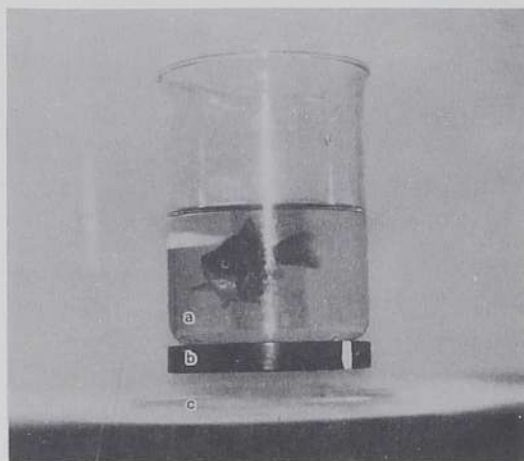


Fig. 1 Levitación superconductora.

cionada, refa en voz alta, llena de alegría, mientras el soldadito hacía piruetas dentro del líquido y los dos se sintieron muy felices. Pero de pronto el soldadito empezó a constatar que se ahogaba. Nadie le había enseñado a respirar en helio líquido y se moría. La muñeca vio cómo quedó flotando inerte dentro del líquido ... y derramó una enorme lágrima que el soldadito vio mientras exhalaba el último suspiro de su vida. No había conocido la dulzura de un beso, pero sí las alegrías de la tristeza. Al día siguiente, envuelta en llanto, la muñeca le contó la historia a la niña. La niña al abuelo y el científico a la Academia de las Ciencias, aunque en una forma que no se apegaba estrictamente a lo que sucedió en la realidad. La superconductividad nació un día en que Dios estaba romántico y triste.

La realidad

La superconductividad ha captado la atención de los científicos desde su descubrimiento. La razón es sencilla: las aplicaciones tecnológicas que se han esperado de ella son verdaderamente impactantes. Algunas son una realidad pero la mayoría ha quedado aún como un sueño encantador que llena de fantasía las posibilidades del siglo XXI. Voy a mencionar algunas aplicaciones. Dejaré la mayoría de lado. Son muchas y, además, no es seguro que se realicen en la forma en que están pensadas en este momento. Hay que recordar que ya por el año de 1974, en un congreso que se celebró en Chicago, se presentaron tantas aplicaciones posibles que el resumen ocupa casi mil páginas.

La superconductividad y la astronomía

La astronomía se basa en la observación del espacio sideral. Observar significa captar señales y éstas dependen de la sensibilidad de los detectores disponibles, de su capacidad de captar una señal muy débil dentro de un espectro relativamente más intenso. Una vez, en una incursión turística que hice por el borde de la selva del Amazonas, en medio de una bellísima noche clara, quedé impresionado por la cantidad de estrellas que mi ojo captaba allí, lejos de toda la radiación artificial producida en las ciudades y sus alrededores. Eran una infinidad. En el Distrito Federal vemos una ínfima fracción de esas estrellas. La superconductividad permite captar señales realmente muy débiles. Se ha hablado de bolómetros tan sensibles que registran algunas de intensidad cercana al límite teórico. Estos bolómetros son capaces de captar radiación proveniente de la primera explosión universal. Esta posibilidad abre, ciertamente, una perspectiva muy interesante.

Y la medicina

Los seres vivos producimos campos magnéticos extremadamente pequeños. En particular, los del cuerpo humano son diferentes para cada órgano. Además, cambian si el órgano está enfermo, es decir, que avisan de una enfermedad no detectada por síntomas externos. Esto resulta muy conveniente y no es nuevo. En el pasado se ha mencionado la existencia de estos campos en el cuerpo humano y la curación de enfermedades por medio de lo que se llamaba *pases magnéticos*; jugó un papel situado entre lo desconocido, la magia y la brujería. Es curioso, sin embargo, que esa idea haya sido concebida, ya que la magnitud medida de esos campos es tan pequeña que sólo llega, en el cerebro, por ejemplo, a los 10^{-9} Gauss. El campo magnético de la tierra es de 0.5 Gauss, ¡mil millones de veces mayor! Sólo puede tratarse de una intuición admirable.

La posibilidad de medir con exactitud estos campos dio al hombre una capacidad de resolución jamás conocida anteriormente. Nunca antes pudo captar un pequeñísimo susurrito en medio de una canción de rock pesado. Y esta comparación se queda muy pálida comparada con la realidad. La superconductividad ha creado esa especie de antena con una capacidad de

discriminación direccional que permite eso que bien podría llamarse casi un milagro. Se le conoce por sus siglas en inglés, superconducting quantum interference device (SQUID), lo cual, traducido a nuestro idioma, es dispositivo superconductor de interferencia cuántica (DISIC). Este tipo de aparatos se usan ya en algunos hospitales y han generado grandes esperanzas en el campo del estudio del funcionamiento del cerebro. Pero esto no es todo. Muy popularizada está ya la tomografía axial computarizada que permite tomar una vista transversal de cualquier parte del cuerpo para análisis médico. Es como laminar un ser humano en forma parecida a la presentación de algunos tipos de pan y examinar el estado de cada uno de esos cortes del cuerpo, pero sin tocarlo. La detección temprana de tumores es una obvia aplicación. Esta posibilidad es también hija de la superconductividad. En varios hospitales de México existe este equipo³. Esta es una aplicación de la posibilidad de generar grandes campos magnéticos.

El transporte masivo y rápido

En la producción de grandes campos magnéticos, la superconductividad no tiene rival. Otra aplicación, muy conocida, son los trenes que levitan y corren a velocidades del orden de 500 km/h, velocidades que convierten al tren en un medio de transporte que compite con el avión para distancias cortas. Es interesante especular acerca de que, disponiendo de estos trenes, residir a 200 km del lugar de trabajo no sería problema alguno, ya que el tren puede llegar directo a una estación del Metro, con lo cual el tiempo de transporte entre la casa y el trabajo se mantiene por debajo de una hora. En vez de descentralizar las fábricas, se podría, quizás, descentralizar la gente. El Japón se encuentra a la cabeza de este tipo de aplicaciones.

Aceleradores de partículas

Muy recientemente, se descubrió una partícula que hacía falta para corroborar la veracidad del llamado *modelo estándar* de las partículas elementales, los pilares fundamentales de la materia. Esta partícula se conoce como *quark top*. La existencia del *quark top* sólo puede ser comprobada por el producto de sus interacciones con otras partículas. Por esa razón, para detectar esa partícula, fue necesario primero refinar in-

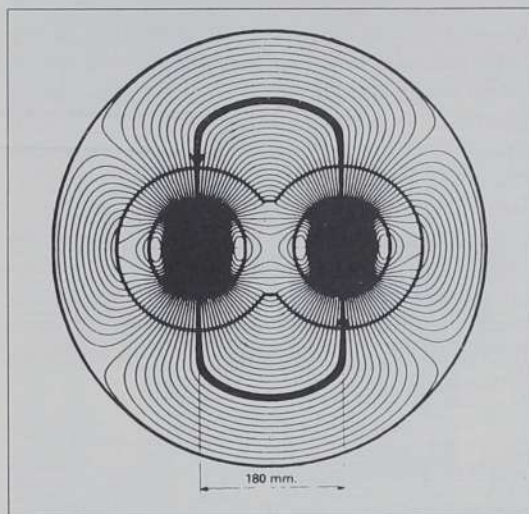


Fig. 2 Líneas del campo magnético de un dipolo superconductor diseñado para el colisionador LHC del CERN.

mensamente los conocimientos en estado sólido; más exactamente, en el campo de la interacción de la radiación con la materia, que tiene su aplicación en la construcción de detectores de altísima sensibilidad. Hubo muchas contribuciones en esta dirección. El profesor G. Charpak recibió el Premio Nobel 1992 por haber tenido una participación relevante en este importante adelanto científico. Para establecer la existencia del *quark top* fue necesario acelerar partículas a enormes energías y hacerlas colisionar entre sí. Del producto de esas colisiones se puede establecer su existencia, como ya lo mencioné.

Para acelerar las partículas se usan magnetos inmensos. En la práctica, estos magnetos sólo pueden fabricarse con superconductores. El experimento se realizó en los laboratorios Fermi de Chicago. Entre el vastísimo equipo de gente que participó, hubo miembros del Departamento de Física del Cinvestav, incluso varios estudiantes quienes podrían hacer mayores comentarios sobre algunos detalles de este experimento.

Una soberana desconocida

Y, a pesar de todo esto, cuando le pregunté a 10 personas escogidas al azar, en un supermercado, si sabían lo que era la superconductividad, sólo una la pudo

asociar con trenes de levitación magnética, por un programa que había visto en la televisión. Cuando hice un ensayo similar con los semiconductores, con otras 10 personas, 6 los asociaron con aparatos electrónicos. La superconductividad es pues, una *soberana desconocida* en nuestra sociedad. Y esa parece ser la situación mundial. Quisiera contribuir a cambiar esta situación. Quisiera que la superconductividad, su historia, su problemática y sus aplicaciones actuales y futuras, fuesen un poco más conocidas. La superconductividad puede convertirse en una base importante de desarrollo tecnológico en un futuro cercano. Es importante conocerla.

¿Cómo se descubrió la superconductividad?

Creo que hay un determinismo en cuanto a los temas que se investigan con éxito, en cada época, así como en cuanto a las posibilidades que existen, en un cierto ambiente, para que un descubrimiento se realice. Puede haber excepciones, pero, por lo general, hay pasos sucesivos que van hilvanando un camino en la adquisición del conocimiento colectivo. Nadie se puede saltar ninguno de ellos. Se discutió si fue Newton o si fue Leibnitz, el primero en descubrir el cálculo diferencial. Pero es claro que éste tenía que preceder a la mecánica cuántica, por decir algo muy radical. El conocer algún efecto cuántico antes de tener los instrumentos para entenderlo, produce *curiosidades* que permanecen como tales hasta que pueden ser incorporadas como parte del conocimiento colectivo en calidad de certidumbre asimilada. La superconductividad ilustra esta idea. Llegó escondida entre la física de las bajas temperaturas, al laboratorio de Leiden, porque allí *la estaban esperando*, quiero decir, porque la infraestructura y la organización del trabajo de investigación que daría lugar a ese descubrimiento habían sido montados, precisamente, en Leiden. Por esa época no existían en ninguna otra parte, como veremos. Hubiese sido casi una casualidad que ese descubrimiento *no* se hubiese hecho allí. Pero la superconductividad jamás sería explicada en Leiden, porque nació muy temprano, y los conocimientos necesarios para entenderla se desarrollarían tan sólo en la primera mitad de nuestro siglo, aunque, en realidad, esa historia no termina ahí. Esa historia no ha terminado aún.

Entretejido dentro de esa casi fatalidad, está todo ese imprevisible comportamiento humano que da lugar a anécdotas que embellecen ese aparente determinismo que resultaría tan aburrido de otra forma. Hay un pequeño diablillo juguetón que parece, algunas veces, reír divertido ante la solemnidad de nuestras deducciones. No hay que olvidar que la superconductividad nació un día en que Dios estaba romántico y triste. ¿Y qué hacía la gente, qué pasaba en el mundo, en esos años? La superconductividad fue precedida por la licuefacción de los gases, la cual posibilitó el estudio de la física a bajas temperaturas, como acabo de mencionar. Era el siglo XIX.

Un par de pinceladas acerca del ambiente histórico

Los eventos que hacen la historia no respetan las fechas exactas. Los antecedentes de la superconductividad se sitúan dentro de la problemática del siglo XIX, el cual es, más bien, el centro de un período histórico enmarcado entre la Revolución Francesa, que se inicia con la toma de la Bastilla el 14 de julio de 1789, y cuyo final puede situarse al inicio de la Primera Guerra Mundial, que estalló el 3 de agosto de 1914, meses después del asesinato, en Sarajevo, del archiduque heredero de Austria, hecho que fue más un pretexto que la causa de la misma. El siglo XIX es, entre otras muchas cosas, el siglo del romanticismo y del paso al impresionismo. Nos legó una inmensa obra pictórica de verdadera búsqueda que se prolongó bien entrado nuestro siglo. El nacimiento del romanticismo francés, un poco tardío en las letras, suele situarse con la aparición, hacia 1840, de la obra *Hernani*, del gran Victor Hugo. La obra literaria del siglo XIX es monumental. José Antonio Arcaraz, compositor y crítico musical mexicano⁴, en una de sus amenas pláticas de orientación musical, previas a los conciertos de Bellas Artes, mencionó que los más grandes compositores del siglo XIX eran, según su calificada opinión, Beethoven, Brahms, Mendelssohn (del cual elogió mucho su concierto para violín) y Tchaikovsky. Agregó que, quizás, la lista debería completarse con Paganini. Claro, el siglo XIX es también el de Liszt y de Chopin. Sigmund Freud, nacido en 1856, en Pribor, Moravia, hoy República Checa, República Socialista de Checoslovaquia, hace aun un par de años y, parte de Austria por ese entonces (¡Oh!, en este mundo nunca pasa

nada), publicó su libro *La interpretación de los sueños* en 1900. Freud murió en 1939. El inglés, Charles Darwin, recorrió el mundo entre 1831 y 1836, a bordo del barco *Beagle*, recopilando información sobre la variedad de las especies. Sus agudas observaciones le servirían de base para formular su trascendental teoría de la evolución, en el libro *El Origen de las Especies*, publicado en 1859.

Del cansancio de la Revolución Francesa (cuya constitución es el documento oficial que habla, por primera vez en la historia, de los derechos del hombre) emerge hacia las primeras filas entre los autores visibles de la historia, Napoleón Bonaparte, sin lugar a dudas uno de los personajes más impactantes en la vida política del siglo XIX. Sus sueños imperiales, nacidos del empeño francés por recuperar las fronteras de la vieja Galia, las fronteras naturales, lo llevaron, finalmente, a invadir o intentar invadir a toda Europa. El debilitamiento de la Corona Española que se acentuó con la invasión napoleónica y la imposición de José Bonaparte en el trono, hacia 1808, abriría las posibilidades de independencia para casi todos nuestros países. Nuestra independencia de España es también hija del siglo XIX. Los nombres de Bolívar, Hidalgo y San Martín quedarían gravados para siempre en páginas heroicas de nuestra historia. Es el siglo, también, del nacimiento del liberalismo económico, un evento, sin lugar a dudas, fundamental y determinante para la configuración social de nuestro siglo, como también lo fue la filosofía de Hegel y de Carlos Marx (uno de los hombres más citados del mundo) que daría lugar al nacimiento del socialismo, cuya reciente desaparición en Europa ha constituido uno de los eventos más dramáticos y de mayor peso histórico dentro del devenir del siglo XX. También, recordémoslo, es el siglo de Maximiliano y su derrota, y de Benito Juárez y su gran victoria. Es el siglo de la sensualidad genial del pintor Francisco de Goya de quien vimos una muestra el año pasado, en Bellas Artes, donde también tuvo lugar una excelente temporada de ópera del siglo XIX que incluyó *Tristán e Isolda*, de Wagner y *La Traviata*, de Verdi. Hacia finales del siglo XIX, en México se instalaba el Porfiriato, y en Europa, se gestaban ya las contradicciones que darían pronto lugar a la Primera Guerra Mundial.

Y, mientras tanto nosotros, los físicos, lográbamos licuar todos los gases, abriendo el paso a las bajas tem-

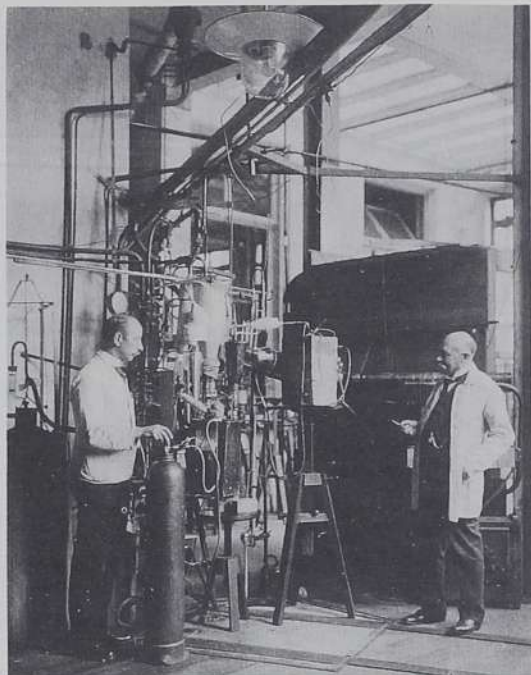


Figura 3. H. K. Onnes (derecha) en su laboratorio de Leiden.

peraturas y a la superconductividad. Pero eso no resume la actividad científica del siglo XIX. Fue muy amplia y es bueno recordar un poco de ella, en forma más general.

Una mirada panorámica a la física del siglo XIX

Analicemos, en forma breve, las grandes ideas en la historia de la ciencia del siglo XIX.⁵ Durante él, las matemáticas recibieron un gran impulso. Las publicaciones sobre la materia crecen exponencialmente en toda Europa. Los matemáticos comienzan a preocuparse por el rigor, la lógica y la abstracción. Florece la geometría y nace la física-matemática. A principios del siglo XIX, Francia que era aún el centro cultural mundial, lidereaba su desarrollo y las grandes escuelas de París son la guía para el mundo. Pero pronto Alemania disputará a Francia esa supremacía. Los trabajos fundamentales de Gauss llamarán la atención del mundo. Se formula la teoría de grupos, tan importante para la física, se desarrolla el álgebra de matrices y determinantes, así como la de los números complejos que

recibe un impulso fundamental durante este siglo. Bajo la influencia de Riemann y de Gauss, se extiende el uso del análisis vectorial en problemas de física. El cálculo tensorial, fundamental para la descripción correcta de las propiedades de los fluidos, tiene sus raíces también en el siglo XIX.

Son épocas de un gran avance de la termodinámica, entre otros temas. Hacia mediados del siglo, la mecánica, cuyos conceptos del espacio y del tiempo permanecerían intactos desde Newton (siglo XVII) hasta el desarrollo de la relatividad a comienzos del nuestro, permitió aclarar problemas como el de la degradación de la energía (la energía mecánica puede usarse íntegramente pero la calórica no). Las leyes de la termodinámica van emergiendo poco a poco de la generalización inteligente de los experimentos claves, como veremos, más adelante, en algunos ejemplos. Además, se unificaban la electricidad y el magnetismo como dos aspectos de un mismo fenómeno. Las ecuaciones del electromagnetismo, tal y como las conocemos hoy, las ecuaciones de Maxwell, fueron escritas en esta época. Comenzaban los *treinta años que cambiaron el mundo*, una de las épocas más interesantes en la conformación del pensamiento científico moderno. En ella se desarrollaron las ideas que dieron lugar a uno de los pilares de nuestra concepción actual del mundo, la mecánica cuántica. Paralelamente, repito, nacían las bajas temperaturas escondidas detrás del problema de la licuefacción de los gases, otro gran reto que, como veremos, terminó por ser una gran victoria de la humanidad a comienzos del siglo XX, casi en los albores de la Primera Guerra Mundial.

Temperatura y calor: el cero absoluto

James Joules, a mediados del siglo XIX, había podido ya diferenciar entre calor y temperatura. Esta diferencia habría de jugar un papel fundamental para el desarrollo de la física en los años siguientes, para la termodinámica, en forma especial. En términos microscópicos, la temperatura es una característica de la agitación molecular que no tiene, en principio, límite natural hacia arriba, pero sí lo tiene hacia abajo, al llegar a la inmovilidad total de los átomos. A esta situación física, Joules la caracterizó como *el cero absoluto*. Esta es otra herencia del siglo XIX. Hacia

1802, Gay Lussac había demostrado que el enfriamiento de un gas lo lleva a contraerse, a disminuir su volumen. Calculó la temperatura necesaria para llegar a volumen cero. Obtuvo -270 grados Celsius. William Thomson, continuando los trabajos de Gay Lussac, demostró, hacia 1848, mismo año del famoso levantamiento obrero en Francia, que las moléculas de toda sustancia, gaseosa, líquida o sólida, pierden energía a un ritmo constante cuando la temperatura descende. Calculó que toda la energía se perdía a los -273.15 grados Celsius, lugar donde situó el cero absoluto. El escocés Thomson se convirtió en el *Barón Kelvin of Largs*, en 1866, y el grado Kelvin fue bautizado en su honor.

La menor temperatura posible

En 1835, el francés Thilorier, había logrado llegar a -110 grados Celsius. Esta era, en ese momento, la temperatura más baja registrada en la tierra. Un gran paso, pero aún muy lejano de la meta. La mezcla de nieve carbónica y éter preparada por Thilorier no era suficiente para licuar tres de los gases conocidos: el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno. El tema de la licuefacción se convirtió en *el problema del momento*.

La licuefacción de los gases

De los tres gases mencionados, el oxígeno era el que parecía más fácil de licuar. Durante los últimos meses de 1877, la licuefacción de éste era la tarea en la cual estaban empeñados muchos laboratorios. Georges Cailletet había estado trabajando con mucha intensidad. El oxígeno tiene que dejarse licuar. Tan sólo es necesario aplicar la presión suficiente, pensaba. Por aquella época, la comunicación era mucho más lenta. Insoportablemente leve, diría hoy, cualquiera. Las revistas no se podían leer en *internet* y uno se enteraba mucho tiempo después de lo que habían realizado sus colegas. Cailletet no conocía el trabajo fundamental realizado por Thomas Andrews hacía casi una década. Andrews había demostrado que era necesario llevar un gas por debajo de una temperatura crítica, antes de que la presión ayudase realmente a licuarlo. Andrews había mostrado que, por encima de esa temperatura, característica para cada gas, la licuefacción no se presentaría por grande que fuese la presión. El trabajo de Andrews es un trabajo conceptual de primordial rele-



vancia. Cailletet no conocía ese trabajo, repito, y de ahí que su planteamiento fuese erróneo. La presión no era el único factor que había que tomar en cuenta para licuar el oxígeno.

El oxígeno se licúa: ¡qué suerte!

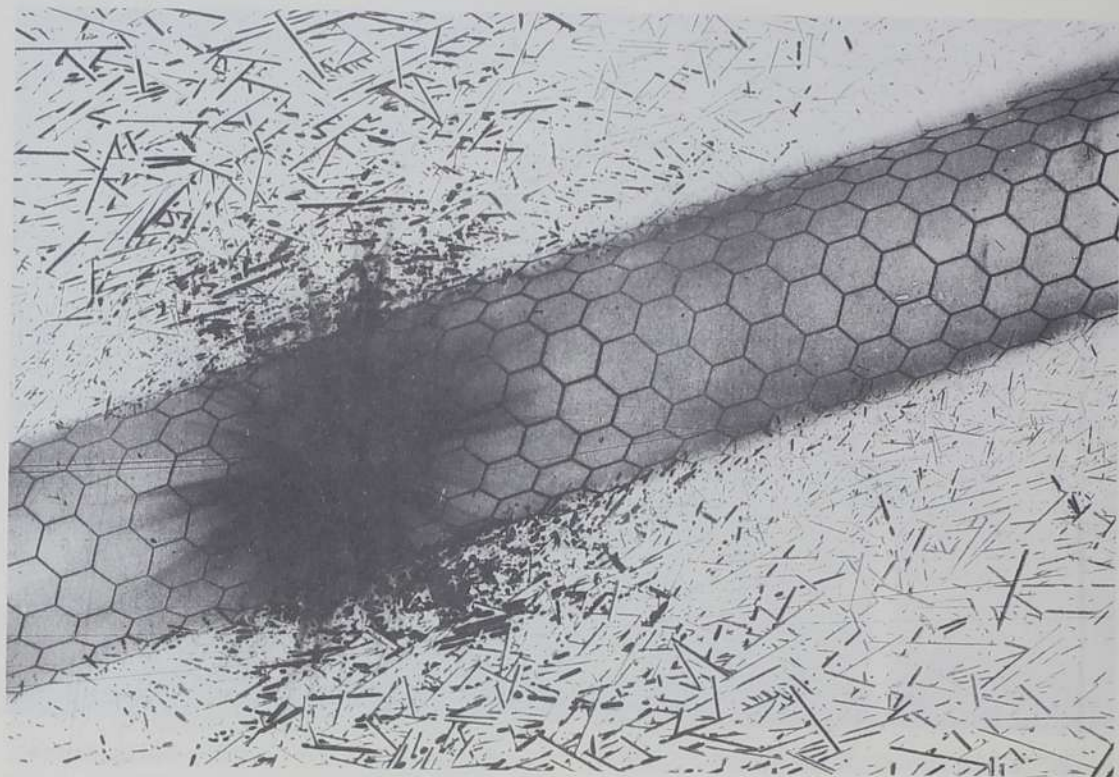
El azar siempre anda rondando, para bien o para mal. Pero la suerte no se da sino al que la busca con tesón. Y la suerte se dio a Cailletet. En una prueba preliminar realizada con acetileno, sucedió algo accidental. Hubo una ruptura del tubo y se escapó gas hacia el exterior. Una pequeña neblina se formó sobre las paredes de este último que se disipó casi al instante. Cailletet lo notó. ¿Qué había ocurrido? ¿Qué hace la descompresión al gas? Si un conjunto de moléculas se separan más, es decir, ocupan más volumen, la cantidad de energía, por unidad de tiempo que reciben las paredes, en promedio, es menor. Si el sistema está aislado, la temperatura descende en consecuencia, pensó Cailletet. El gas se licuó porque la temperatura bajó, dedujo correctamente. E hizo de su accidente un método para licuar. El oxígeno dejó de ser un gas no-licuable, el 2 de diciembre de 1877. El francés había ganado la

carerra. Lo anunció a la Academia el 24 de diciembre de ese año.

Caía nieve sobre un París que, sin embargo, poco a poco, había comenzado a perder la primacía como el centro de la ciencia mundial. Pronto se escribirían las ecuaciones de Maxwell, la gran unificación de la electricidad y el magnetismo, pronto se daría la situación que haría creer a los físicos mismos de que todo estaba ya explicado. Pero esa situación, como los vapores de Cailletet, sólo duraría el tiempo suficiente para que el hombre se mirase en el espejo y se contemplase, por un segundo, como un dios.

El hombre: ¿dios o demonio?

Pero pronto también se hablaría de Planck, de Einstein, de Bohr, de Heisenberg y de muchos otros. Pronto, en la familia de los físicos, se hablaría de un nuevo tema: la mecánica cuántica, mientras los cañones de la Primera Guerra Mundial comenzaban a cargarse de pólvora, presagiando que del inocente examen de los espectros atómicos, la física sería arras-



trada hasta la bomba atómica, haciendo pensar que *ese pequeño dios*, bien podía convertirse en un gran demonio, dadas las circunstancias.

El helio entra en escena

Pocos años antes, en 1868, J. Norman, un astrónomo, más o menos aficionado, aplicaba a sus observaciones del espectro solar, el trabajo fundamental de Kirchhoff y Bunsen. Estos mostraron cómo se puede, de la observación de las líneas discretas en que un prisma descompone el espectro de una fuente luminosa, identificar los elementos que la componen. Observó que, mayoritariamente, aparecían las líneas atribuibles al hidrógeno. El sol es una gran bola de hidrógeno, pensó con corrección. Pero descubrió una línea amarilla que no pertenecía a ese elemento. Tuvo una intuición genial: había otro elemento simple en el sol. Lo bautizó helio. No sabía que le creaba a sus colegas empeñados en licuar gases, el mayor de sus problemas...y la física de las bajas temperaturas, la más grande de sus soluciones.

El nacimiento de la tecnología moderna

No había explicación alguna para la aparición de estas líneas discretas. Este pequeño detalle haría explotar toda la física clásica y la concepción decimonónica del mundo en que vivimos, pocos años más tarde. La explosión no se calmaría sino hasta bien terminada la primera cuarta parte del siglo XX con el nacimiento de la mecánica cuántica que abriría el paso a la comprensión del estado sólido (de los semiconductores y de la superconductividad, entre otros) y con ello a toda la tecnología moderna. La electrónica modula completamente la sociedad en que vivimos y ha dado al hombre medios de desarrollo que bien nos pueden permitir construir el cielo aquí en la tierra. Pero también le ha dado medios de control y destrucción que bien nos pueden conducir a hacer de la tierra el más horrible de los infiernos. El progreso o la modernización en sí, no son ni buenos ni malos. Es la acción social, económica y política de los hombres la que le da el sentido. El oxígeno líquido será más tarde, el

combustible de los cohetes V2 de uno de los locos más inhumanos que hayan gobernado en nuestro planeta: Adolfo Hitler. Pero el mismo oxígeno líquido, también permitirá al hombre, mucho más tarde aún, realizar la gran proeza del siglo XX: pisar la luna. De inmediato, hacia finales del siglo XIX, el oxígeno líquido dará lugar a la refrigeración industrial que revolucionó toda la tecnología de conservación de alimentos. Este camino fue allanado por otras contribuciones más, obviamente. Quiero citar sólo dos que fueron muy importantes. La de Dewar quien descubrió que el vacío era el mejor aislante y suministró los recipientes adecuados (hoy llamados dewars) para conservar cantidades importantes del refrigerante y, muy de pasada, la de Wroblewski, quien aplicó correctamente los descubrimientos de Andrews a la técnica de licuefacción, logrando grandes cantidades de oxígeno líquido, por primera vez, el 9 de abril de 1883. El metano, el óxido de carbono y el nitrógeno fueron licuados poco después.

El hijo del posadero

Sir James Dewar era el séptimo hijo de un posadero escocés. De carácter irascible, vengativo, la más de las veces; poseía, sin embargo un gran sentido de la publicidad, una gran tenacidad y una audaz inteligencia. Era un apasionado divulgador de la ciencia (de su trabajo, fundamentalmente). El viernes por la noche, cuando la niebla londinense dibujaba ya las siluetas de las capas bajo las lánguidas luces de gas,⁶ James Dewar daba comienzo a otra de sus espectaculares *Conferencias Públicas* en el Royal Institute. El gran espectáculo: la licuefacción del oxígeno. Dewar mostraba gases licuados hirviendo lentamente en probetas. El público observaba atónito. Dewar los contemplaba con enorme complacencia. Le encantaba ser objeto de esa multitudinaria admiración y preparaba con gran esmero sus demostraciones. Para que el oxígeno hirviera muy lentamente, metía la probeta que lo contenía en otra más grande que cerraba con un tapón. Hacía calor con tanto público. Era natural que se formara vapor de agua sobre las paredes interiores de la probeta grande. Eso dañaría el espectáculo. Pero Dewar ya había previsto eso y había colocado un producto secante entre los dos recipientes para que absorbiera ese vapor. Finalmente, era un problema de calor. Era muy importante aislar la probeta de oxígeno del

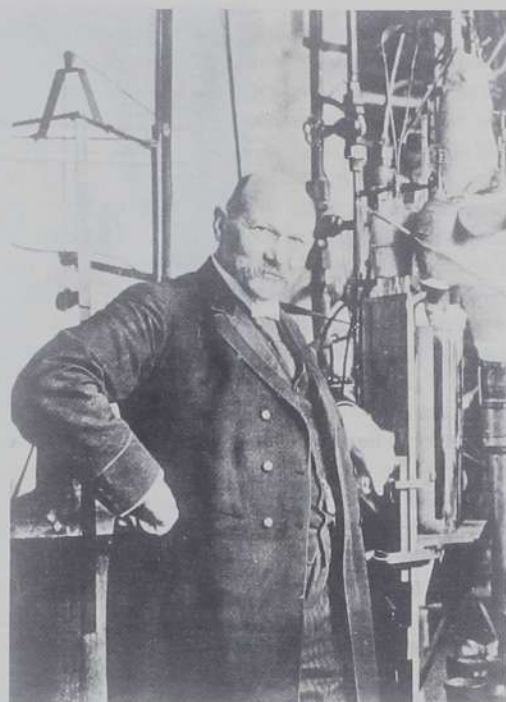


Figura 4. Heike Kamerlingh Onnes.

calor de la sala. Necesitaba un aislante térmico. El calor se transmite de las moléculas del aire de la sala a las del vidrio de la probeta externa, de ésta al aire que hay entre las dos probetas y de éste a la probeta interna. El genio de James Dewar encontró cómo cortar esa cadena: isacando el aire entre las dos probetas! Son estas moléculas de aire las que llevan el calor de las paredes de la probeta externa a las de la interna. Si no hay moléculas para transmitir el calor no se calentará el gas tan rápido. Dewar logró esto, haciendo vacío entre las dos probetas. Y, así, nació el dewar que hoy usamos comúnmente. Corría el año de 1892.

James Dewar gana la carrera del hidrógeno

Licuar era el problema. Olszewski en Cracovia y Kamerlingh Onnes en Leiden estaban trabajando en la licuefacción del hidrógeno. Después de haber publicado la idea de su criostato, de su dewar, como se dice hoy, muy comúnmente, James Dewar quiso dedicarse también al reto del hidrógeno. Ya hacia mediados del

siglo XIX, se había enunciado el principio de Joules-Thomson. Ellos descubrieron que si la descompresión de un gas se realiza en total aislamiento (sin intercambio de calor con el exterior) es preciso que el trabajo (la energía) que hay que realizar para separar las moléculas sea suministrado internamente. En consecuencia el gas gasta energía y su temperatura baja. Esta regla vale para el hidrógeno por debajo de -40° Celsius. Dewar aplicó, con éxito, este principio. Comprimió fuertemente el hidrógeno y lo introdujo en un recipiente de nitrógeno líquido (-196° Celsius) para enfriarlo. Luego dejó que se descomprimiera. Repitió en ciclos el proceso, obteniendo cada vez menores temperaturas. Esperó. Finalmente, el hidrógeno terminó cediendo. El líquido comenzó a fluir. Es el 10 de mayo de 1898. Por esos días, el alemán Richard Strauss terminaba su composición musical *Así hablaba Zaratustra*, que el año pasado interpretó la Orquesta Sinfónica Nacional, en Bellas Artes. Strauss manifestaba así su admiración por Federico Nietzsche, quien había terminado de escribir su famosa y polémica obra, tres años antes. Dewar había logrado bajar hasta casi -253° Celsius. Sólo quedaba el helio, ese elemento que se había encontrado, primero, en el sol y que se había identificado, en 1895, aquí en la tierra. Ese elemento es muy escaso. Obtenarlo era uno de los primeros problemas. Se trata de una empresa que requiere una organización que irá más allá de una oficina. Es un problema para *viejos zorros*,

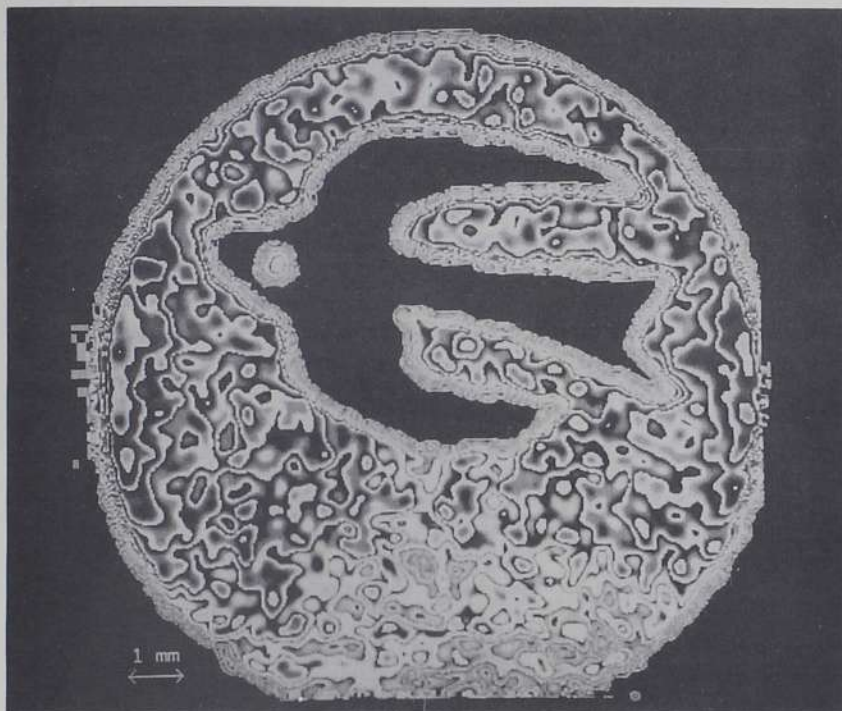
Kamerlingh Onnes: el viejo zorro

Licuada el oxígeno y el hidrógeno, sólo quedaba el helio, el más difícil de los gases para licuar. Ahí entró Onnes a la historia. Onnes contribuiría con los dos grandes eventos que darían lugar al nacimiento de la física de bajas temperaturas. La licuefacción del helio y el descubrimiento de la superconductividad, ambos tuvieron lugar en su laboratorio de la Universidad de Leiden (Países Bajos). Eso es un gran mérito, suficiente para dejar su nombre en la historia y para hacerle acreedor al Premio Nobel. Pero quizás el mayor mérito de Onnes consistió en que fue el inventor de una nueva manera de hacer ciencia. El fue el primero en darse cuenta que el apoyo técnico calificado era un apoyo crucial para obtener resultados importantes en proyectos científicos de gran escala. Su laboratorio fue el precursor de los grandes proyectos científicos tal y

como se conciben en nuestro tiempo. El éxito de su laboratorio fue el resultado de la importancia que Onnes le dio a la infraestructura, combinada con un programa científico basado en un análisis teórico cuidadoso. De ahí su lema *De la medición al conocimiento* que, aunque un poco controversial, como toda esquematización, sí refleja la esencia de su novedoso concepto. Pero para Onnes, las cosas no eran sólo deseos. El mismo fundó la escuela de instrumentación de Leiden donde se preparaban también sopladores profesionales de vidrio, escuela que aún existe.⁷ Con todo el aparato de apoyo que construyó, Onnes convirtió la lucha por la licuefacción del helio, en una entre aficionados contra un profesional bien entrenado. Era imposible que no ganara la carrera con todas las consecuencias. El sería el primer hombre en estudiar bajas temperaturas, él sería el descubridor de la superconductividad y él sería el primero en llevar al terreno industrial los frutos de su nuevo concepto de hacer ciencia. Pronto fundaría la primera industria de licuefacción del mundo.

El fin de los gases permanentes

Heike Kamerlingh Onnes era hijo del propietario de una fábrica de tarjetas de Groningen, una ciudad universitaria de los Países Bajos. Como buenos burgueses holandeses, sus padres le habían dado una educación tradicional en la que se privilegiaban la cortesía y los buenos modales, la austeridad y el riesgo. El axioma central de la casa Onnes era, según las propias palabras del físico, "tienes que llegar a ser un hombre". Algo muy clásico, sin duda, pero el holandés habría de hacer de este rigor el rasgo principal de su oficio. Y fue lo que hizo que Roberto Bunsen y Gustav Kirchhoff se fijaran en él, cuando a los dieciocho años, Onnes partió a estudiar a la Universidad de Heidelberg. En 1873, volvió a su Holanda natal donde fue ascendiendo normalmente los escalones que lo condujeron, en 1882, a la cátedra de física experimental de la Universidad de Leiden. Allí, bajo la influencia de los trabajos de uno de sus compatriotas, Johannes Van der Waals, comenzó a apasionarse por las propiedades termodinámicas de los líquidos y de los gases. Kamerlingh Onnes estimaba que la licuefacción de los gases debía pasar al estadio industrial o semiindustrial para poder hacer progresos significativos. Así, en 1894, fundó el primer laboratorio moderno del mundo, con sus técni-



cos mecánicos, y con sopladores de vidrio que hicieran los matraces necesarios para los experimentos específicos.

El año de 1894 lo ve poner a punto una cascada según el modelo imaginado por Pictet. Pero su objetivo es cuantitativo y no cualitativo: quiere aire líquido en cantidades importantes. Logra, en poco tiempo, implementar un método original para licuar que le permite llegar con facilidad a los -217 grados centígrados. A esta temperatura, el oxígeno, el argón, el monóxido de carbono, el fluor y el nitrógeno pasan al estado líquido. Su aparato proporcionaba ya, alrededor de 14 litros de aire líquido por hora. Esto era suficiente para planificar toda una serie de experimentos y aprender perfectamente el manejo de los licuefactores, lo cual le permitiría contar con técnicos adecuadamente entrenados. Onnes sabía la fuerza que esto le daba. El campo ya no era accesible a aficionados. Pero para llegar más abajo, el método de las cascadas no era ya suficiente. Mientras tanto, Dewar, como ya vimos, había ganado la carrera del hidrógeno, y había demostrado que era preciso utilizar la descompresión Joules-Thomson para llegar a las temperaturas necesarias. Después de haber estudiado el método de Dewar, Onnes volvió a lo

suyo: hace fabricar las famosas botellas de doble pared inventadas por Dewar, y luego comienza la construcción de un licuefactor de hidrógeno compuesto de tres compartimientos. El licuefactor construido por Onnes no tiene nada que ver con el de Dewar. En 1898, el inglés había obtenido 20 cm^3 de hidrógeno líquido. En Leiden, en 1905, se logra la preparación del primer cuarto de litro. En febrero de 1906, se preparan tres litros de hidrógeno líquido de una sola colada. En mayo, el laboratorio ya está listo para comenzar los primeros experimentos de física a la temperatura del hidrógeno líquido. Kamerlingh Onnes se ha colocado como el único competidor realmente listo para la carrera del helio líquido.

El triunfo de Kamerlingh Onnes

La licuefacción del helio exigirá todavía dos años más de preparación. En marzo de 1908, Onnes somete al helio comprimido a 100 atmósferas bajo un refrigerante de hidrógeno líquido (hirviendo en el vacío a -259°C) a una descompresión Joules-Thomson. Una ligera neblina aparece en el crióstato, pero Onnes considera que puede deberse a las impurezas del hidró-

geno presente en el gas. Lo purifica de nuevo y el 9 de julio de 1908, con un aparato análogo al licuefactor de hidrógeno, da el impulso definitivo al experimento final: aquel día, Flim, el técnico responsable de la construcción de los crióstatos, licúa 75 litros de aire.

Ha llegado el momento decisivo. Al día siguiente, a las seis y media de la mañana, Onnes aborda la segunda fase del experimento. A las 13:30 h. ha almacenado 20 litros de hidrógeno. Piensa que es suficiente para intentar la licuefacción del helio. El termómetro de gas indica una baja gradual de la temperatura. Toda iba bien. Pero, luego, el termómetro deja de descender. Hay silencio. Qué puede estar sucediendo. Si se terminan las existencias de hidrógeno líquido, habrá fracasado. Son las 18:30. Un técnico le señala que el hidrógeno líquido está por agotarse. Onnes comienza a enfrentarse a la idea de haber fracasado. El problema que debía explicarse ahora no estaba claro. ¿Por qué se paró el termómetro? De pronto alguien entró. Onnes no estaba para visitas, pero estaba tan concentrado buscando las causas de su fracaso que no prestó mucha atención. El recién llegado quería enterarse de las novedades. Un técnico lo puso al tanto.

-Y será que el termómetro funciona a esas temperaturas, preguntó casi sin darse cuenta de la importancia de su pregunta.

Onnes lo escucha. Piensa. Ilumina entonces el licuefactor por abajo y la refracción de los rayos luminosos muestra, sin ninguna duda posible, el recipiente central casi totalmente lleno de helio líquido. El entusiasmo es general. Más tarde, mediciones realizadas por el mismo Onnes, revelarán que la temperatura alcanzada era cercana a los 4 grados por encima del cero absoluto. Ahora sí ya no quedaban más gases permanentes. Fue el triunfo de Kamerlingh Onnes, fue el triunfo de la nueva forma de hacer ciencia.

El descubrimiento

Descubrir la superconductividad fue un gran acontecimiento y la actitud de Onnes ante él le valdría el Premio Nobel, un merecido premio a su contribución a la ciencia. La narración de éste tiene varias anécdotas muy interesantes.⁸ Unas pretenden hacer justicia a los colaboradores de Onnes y otras omiten los detalles

de la vida interna del laboratorio y sacan sólo los grandes titulares. Pero en el bello artículo, muy reciente de *Physics Today*, las cosas toman su justo cauce, creo yo. Parece que, en efecto, Onnes se consideró a sí mismo como el dueño absoluto de todos los productos intelectuales e industriales que salieran de su laboratorio y actuó en consecuencia. Incluso respecto a los beneficios materiales, los cuales no parecía muy dispuesto a compartir, de acuerdo a la jocosa anécdota de que cuando uno de sus técnicos le pidió un aumento, Onnes le contestó:

-Para qué lo quieres, tienes dinero suficiente. Hace poco, incluso, te compraste una bicicleta nueva.

Y el aumento fue rechazado.

Estas y otras anécdotas sólo introducen el aspecto humano del científico y valoran, en su justo lugar, la colaboración de sus asociados que fue, como ya hemos dicho, muy grande. Pero ése fue, precisamente uno de sus méritos. El haber reconocido el valor de la infraestructura humana calificada. El fue el autor del cambio. El fue el que sacó los aparatos de los rincones de las oficinas para colocarlos en salas ad hoc y en manos de técnicos expertos. El resultado es obviamente del equipo, pero si hay que dar un solo nombre o si hay que jerarquizar méritos, Onnes está, muy de lejos, en un indiscutible (e indiscutido, incluso) primerísimo lugar. Cuando el reporte de la superconductividad salió de su laboratorio sólo con su nombre, el técnico que midió, por primera vez, la pérdida total de la resistencia del material (señal de que el material había pasado al estado superconductor) no lo consideró incorrecto. Sin embargo, se dice por ahí que ésa es la razón por la cual, mientras la temperatura a la cual se presenta una transición magnética, se conoce como *Temperatura de Curie*, la temperatura a la cual un material pasa al estado superconductor, no se conoce como *Temperatura de Onnes*.

¿Cómo se descubrió la superconductividad?

Era obvio que todo estaba en favor de Onnes. Pero, otra vez, veremos que un simpático imprevisto, llegado por azar, aclara las cosas. Pero también es bueno volver a enfatizar que la suerte sólo ayuda a quien la busca con tesón. La superconductividad nació un día

en que Dios estaba romántico y triste. El Maestro Flim, cuenta Jacobus de Nobel, hoy un octogenario retirado, quien trabajó en el laboratorio de Onnes durante mucho tiempo, estaba encargado de los criostatos; él me explicó acerca de la construcción de los primeros licuefactores y del sistema de enfriamiento en cascada.

Una de las grandes dificultades que habían tenido era la de conseguir el helio que era muy escaso, recuerda de Nobel. Intentaron sacarlo de unas rocas traídas de Islandia, sin mayor éxito. Tuvieron que esperar un cargamento completo de una arena proveniente de Carolina del Norte en Estados Unidos que les fue transportado por barco. De esta arena pudieron obtener 360 litros de helio. Un experimento necesita tan solo un cuarto de litro, de tal manera que la cantidad era suficiente. Onnes confió a Gilles Holst la medición de la resistencia de los materiales a muy bajas temperaturas. Según la Ley de Mathissen, la resistencia de los materiales tiene dos componentes. Una se debe a las impurezas contenidas en el material y no depende de la temperatura, se le conoce como *resistencia residual* y la otra se debe a las vibraciones de los átomos de la red alrededor de sus posiciones de equilibrio, la llamada *resistencia térmica*. Esta última debe tender a cero cuando la temperatura baja hasta cero grados Kelvin. Examinaron el platino y el oro, primero. El mercurio era interesante porque se puede obtener muy puro, eliminando así el término de la resistencia residual. Usaron un tubo en forma de U el cual llenaron parcialmente con el mercurio. El tubo tenía unos contactos de platino a cada lado, de los cuales se conectaba el circuito de medición. Todo iba normal. Pero cuando se acercaron a las temperaturas del orden de las del helio líquido (por debajo de los 5 grados Kelvin), la resistencia del material desapareció. Era evidente que se había presentado un corto circuito en el sistema.

-Es natural, pensó Onnes, que a esas temperaturas pasen cosas que aún no dominamos bien. Y sugirió repetir el experimento.

Holst obtuvo, varias veces, el mismo resultado. Onnes sugirió hacer un tubo en forma de W para medir la resistencia en sitios intermedios dentro del material. Repitieron la medida. Otra vez el corto circuito. Siempre a la misma temperatura, la resistencia se hacía cero.

Los chicos de azul

En el laboratorio de Leiden, el primer laboratorio moderno del mundo, recordémoslo, Onnes hacía participar a los alumnos de su escuela de instrumentación. El laboratorio tenía mucho orden, mucha disciplina, mucha organización. Los alumnos participaban en tareas concretas y, para ello, debían vestir con un overol azul, mientras estuviesen dentro. Por eso se le conocía como los *chicos de azul*. Había varios de ellos. No parece, sin embargo, que la pedagogía empleada con ellos fuese la más edificante, por lo cual, la mayoría de las veces no sabían en qué, concretamente, estaban participando y su trabajo se tomaba más bien aburrido. El helio era muy escaso, como sabemos. Una fuga del mismo podría no sólo constituir un problema, económicamente hablando, sino también retrasar el trabajo por meses, mientras conseguían otro cargamento de la arena de donde pudieran obtener el helio gaseoso. Era vital cuidar el helio, era vital que no hubiese fugas. Onnes había encontrado una manera ingeniosa de hacerlo. A la temperatura del helio líquido, el aire es sólido. Entonces, manteniendo la presión ligeramente por debajo de la atmosférica, en caso de una fuga penetraría aire que al contacto con el helio se solidificaría, tapando la misma y evitando que el helio saliera. Usaban un manómetro de aceite cuyo nivel cuidaban celosamente durante las muchas (doce o más) horas que duraban los experimentos. Y esa rutinaria labor la encomendaron a un *chico de azul*.

-El manómetro a nivel, siempre a nivel. Es muy importante. ¿Entiendes?

El *chico de azul* entendió bien y sabía como manejar esos medidores y qué hacer en caso de un cambio. Fue una larga mañana. Hacia las dos de la tarde, el chico andaba soñando con muñecas y soldaditos de plomo... y la presión andaba subiendo... La subida de presión permitió que la temperatura subiese por encima de 4.2 grados Kelvin. Holst registró, sorprendido, una resistencia finita. ¿De donde venía ahora? El chico dormía como un soldadito de plomo. Todo quedó claro. No había corto circuito. El efecto se producía a, exactamente, la misma temperatura y era reversible. Si subía la temperatura una fracción de grado desaparecía, al bajar se restauraba la pérdida de la resistencia. Y la superconductividad nació. ¡Nació un día en que Dios estaba romántico y triste!



Figura 5. Dibujo de Onnes hecho por su sobrino H. K. Onnes en 1922.

¿Qué es la superconductividad?

Quiero decir que la superconductividad ha representado un arrogante reto. Y es que la lucha tenaz del pensamiento científico por explicarla ha constituido, después de una aparente victoria parcial, una contundente derrota a la inteligencia del hombre del siglo XX. Fue descubierta a comienzos del siglo y generó, como ya lo mencioné, una de las más grandes expectativas tecnológicas que hayamos tenido. Requirió el desarrollo de toda la física. Y es que la superconductividad es un ejemplo fascinante de un estado cuántico de magnitud macroscópica. El lapso, desde el descubrimiento de este fenómeno, en 1911, a la primera explicación teórica del mismo, en 1957, es un período notable en la historia de la física, y, hasta cierto punto, la historia de la superconductividad es la historia de la física misma, durante este período. Entre 1911 y 1957, los estudiosos de la superconductividad estuvieron pendientes de toda nueva idea para aplicarla a la explicación de este fenómeno. La explicación de este nuevo estado requirió, primero, el descubrimiento

y la comprensión de la mecánica cuántica, cuya formulación se desarrolló durante “los treinta años que cambiaron el Mundo”, desde Planck hasta lo que podríamos llamar el nacimiento de la mecánica cuántica, hacia 1925, con los trabajos de Shrodinger y Heisenberg. Pero la mecánica cuántica no fue suficiente. Fue necesario aún que los métodos de la teoría de campo fuesen inventados, lo cual ocurrió después de la Segunda Guerra Mundial. Y, más aún, que se encontrara la forma de aplicarlos a problemas de estado sólido, lo cual ocurrió al comienzo de la década de los cincuenta. En 1957, con la teoría de Bardeen,⁹ Cooper y Schrieffer (BCS) termina una de las más apasionantes batallas del pensamiento científico al lograr la formulación de la primera explicación coherente del fenómeno de la superconductividad que, por más de cuarenta años, permaneció inexplicado.

Los pares de Cooper

La idea central de la formulación la constituyen los llamados *pares de Cooper*. A manera de caricatura, para tener una visión intuitiva de ellos, uno puede imaginárselos así. Sea una red cuadrada como las baldosas de un baño. En cada vértice imaginemos un ión. Tiene carga positiva. Por el resto de la superficie se pasean electrones, de carga negativa. Supongamos que un electrón se coloca en el centro de uno de los cuadrados. Como su carga es negativa va a atraer a los iones positivos hacia él. Esta *polarización*, si es suficientemente grande, puede reunir cuatro iones positivos cerca del electrón que está en el centro. Así, un círculo alrededor del electrón en *esa loseta particular* puede tener una carga total positiva, al exceder, allí, la carga positiva de los iones a la carga negativa del electrón. Otro electrón que pase cerca, se sentirá atraído por esa carga global positiva. Es decir, el segundo electrón es atraído hacia el primero debido a las consecuencias que éste tiene sobre el medio, o sea, debido a la polarización que induce. Un *Par de Cooper* lo forman dos electrones que se atraen.¹⁰

La teoría BCS consiste en la solución de la Ecuación de Schroedinger (la ecuación fundamental de la mecánica cuántica) para el caso de los pares de Cooper. Usa un solo parámetro que representa la energía con que los dos electrones (en cada sistema particular) se atraen para formar el par de Cooper.

La función de onda

Uno de los problemas para formular la teoría fue encontrar cómo escribir la función de onda de muchos pares de Cooper. El problema en sí ya había sido planteado por Cooper para el caso de los núcleos. Pero para los sólidos hacía falta una función de onda adecuada. Bardeen tuvo la intuición de que el problema debería ser planteado vía los pares de Cooper. Lo llamó a colaborar. Schrieffer era estudiante de doctorado de Bardeen. Y recibió esa tarea, encontrar cómo escribir matemáticamente el problema así planteado. Y resolverlo. Durante una visita a una institución en París, Schrieffer estaba muy metido en el problema. El problema estaba en cómo distinguir entre dos electrones que están apareados y dos que están libres pero tienen los mismos números cuánticos que los anteriores. Schrieffer viajaba todas las mañanas en el Metro. Y un buen día allí mismo, se le ocurrió la idea. Encontró cómo escribir la función de onda apropiada. ¡Y todos juran que no vieron caer manzana alguna!

Las ecuaciones de Eliashberg

Es en la superconductividad donde la teoría del campo expresa, dentro de la disciplina del estado sólido, toda su belleza, ya que, la esencia de ésta, es una interacción no-local¹¹ que es la idea central que desarrolla esa teoría.

A la formulación BCS, que aclaró muchísimo el camino, le siguió una formulación más exacta de la misma idea, las *ecuaciones de Eliashberg*, en 1961, que constituyen, en su forma más moderna, una formulación del problema que incluye la información exacta de los sistemas estudiados. Es decir, incluyen las funciones de onda de los electrones, de las vibraciones de la red (*fonones*) y la interacción entre ellos que es lo que produce la polarización mencionada. La primera solución del ellas se implementó hacia 1961 por Mc Millan y Rowell¹² quienes calcularon las características de un superconductor a la temperatura $T=0K$. La primera solución de ellas para el otro extremo, $T=T_c$ fue desarrollada por Bergman y Rainer, en 1977.¹³ La solución en todo el rango de temperaturas se logró poco más tarde, en 1978.¹⁴ Así, estas ecuaciones permitieron calcular la termodinámica de los superconduc-

tores, para todo el rango de temperaturas, con sorprendente acuerdo con el experimento. Estos cálculos se produjeron entre 1978 y 1985, más o menos.

¿El fin de la superconductividad?

Aquí llegamos a una etapa donde la búsqueda cesa. Todo parecía totalmente claro. Quedaba un detalle que a veces se olvida y que es necesario enfatizar. No era¹⁵ posible predecir la temperatura a la cual un material sería superconductor. Pero aun así, existía una teoría muy precisa del fenómeno y la búsqueda experimental de nuevos materiales que fue admirable y parecía exhaustiva,¹⁶ había *dejado en claro* que no había ningún superconductor por encima de los 23K. Los materiales que eran superconductores a temperaturas suficientemente elevadas para aplicaciones tecnológicas de gran escala, habían logrado escapar a todos los intentos sistemáticos de hallarlos. Todo parecía claro, repito. La teoría se entendía bien y las aplicaciones no parecían posibles. ¿Para qué continuar investigando en esta dirección? Y, en efecto, en 1985 se fueron cancelando los programas de superconductividad en casi todo el mundo. No servían. ¿Para qué pagar por ellos?

Renacimiento casi sorpresivo

Pero, de pronto, aparecieron, casi como un fantasma inesperado, los óxidos superconductores con sus temperaturas incluso por encima de 100K. Todo renació como por arte de magia. De unos cuantos cientos de investigadores que trabajaban en un campo en vía de extinción, pasaron a miles trabajando en *el campo de moda*. La superconductividad llegó a constituir una esperanza de tal magnitud que, en 1987, Estados Unidos, por boca de su presidente de ese entonces, hizo de la superconductividad una causa nacional. Japón declaró presupuesto ilimitado. Se habló de que el mercado para comienzos del siglo XXI sería del orden de los 20 mil millones de dólares.

Congreso multitudinario

Ese furor huracanado sembró, al menos, tanta confusión como claridad. Para dar un ejemplo, el Con-

greso de marzo de hace 10 años de la Sociedad Americana de Física, que es muy conocido, llegó a convertirse en un espectáculo casi grotesco. Era imposible entrar a las conferencias y los investigadores se empujaban frente a los televisores colocados en la puerta para seguir al conferencista en turno. Se produjeron miles de trabajos. En el Japón se editó un número de la revista *Japanese Journal of Physics* donde en tres meses se había reproducido todo lo que se había hecho en el mundo en superconductividad en una acción concertada a nivel nacional sin parangón en el mundo. Los experimentos se hacían noche y día sin descanso. Todo el mundo aplicaba *todo lo que sabía* a la superconductividad para explicarla. Trabajos, miles de trabajos. Poco a poco todo se fue amortiguando. En menos de una década, se puso en evidencia que la esperanza no era tan directa. Los materiales tienen propiedades mecánicas difíciles y lo que es peor, la teoría — tan clara en la década de los ochenta — se torna difícil de sostener en los nuevos óxidos superconductores. Nacieron decenas de nuevas teorías. Ninguna resistió una seria confrontación con el experimento. Era más el prestigio del autor que el análisis y la confrontación experimental lo que las sostenía. Fue una etapa de trabajo intenso, de pasión incluso. Un famoso investigador del primer mundo, al momento de una consulta, contestó así a un amigo suyo en el tercer mundo:

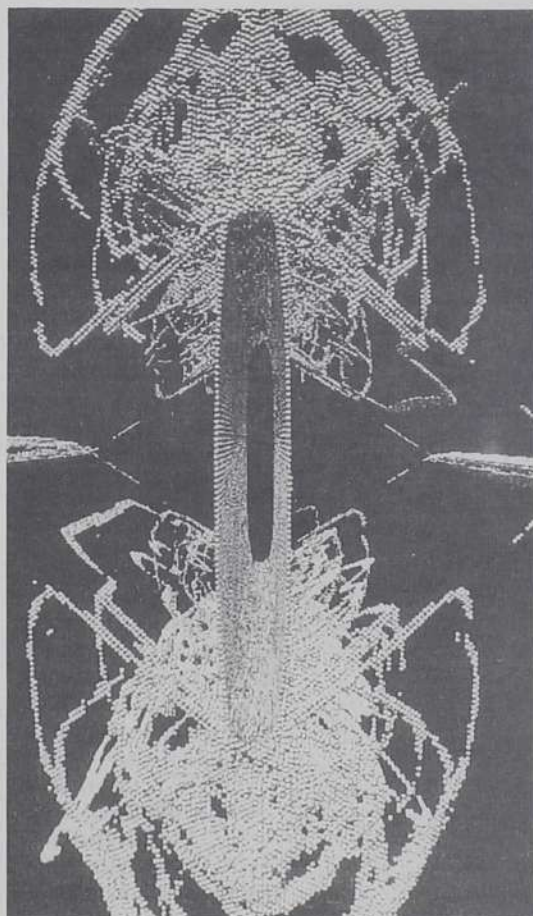
—La superconductividad es algo demasiado serio para ser investigada en el tercer mundo. Dejen eso. Dedíquense a otra cosa

Miles de trabajos. El huracán ya pasó, o mejor dicho, se calmó. El interés persiste. Las cosas parecen aclararse lentamente, como cuando uno revela una película. Pero aún no hay consenso sobre la teoría de la superconductividad. Y ahí está la derrota contundente a la inteligencia del hombre del siglo XX. De aquí a fin de siglo, los problemas planteados para formular una teoría que explique el fenómeno, podrían no ser resueltos. Pero el reto, el reto real, es predecir un material superconductor y llevar la temperatura crítica a valores del orden de la temperatura ambiente. ¿Es posible? Aquí ya estamos en el campo de las creencias. Ya no en el de las demostraciones. Yo creo que sí. Yo creo que la superconductividad será un elemento importante en la tecnología del siglo XXI. Yo creo que pronto estaremos reportando nuevos horizontes del conocimiento en esta importante disciplina. 

Notas

1. En su poema *Espergesia*, publicado en *Los Heraldos Negros* (1918), César Vallejo, (Biblioteca clásica y contemporánea, Editorial Losada, 1971).
2. Versión inspirada en un relato del libro *Historia y Leyendas de la Superconductividad*, S. Ortoli, J. Klein, (Editorial Gedisa, 1989).
3. Por ejemplo, el IMSS cuenta con tomógrafos en los Centros Médicos La Raza y Siglo XXI, en los Hospitales de Traumatología "Magdalena de las Salinas" y "Lomas Verdes" y en el Hospital General Regional No. 72, entre otros.
4. *Diccionario de Compositores Mexicanos de Música de Concierto*, compilado por Eduardo Soto Millán, Editorial siglo XX, Tomo I, pág. 31.
5. *Niels Bohr: científico, filósofo, humanista*. L. García-Colin et al., La Ciencia desde México, volumen 14
6. La lámpara incandescente fue inventada en Norteamérica, por Thomas Alva Edison, en 1878.
7. The Discovery of Superconductivity, *Physics Today*, September 1996, pág. 40.
8. *La Guerre du Froid*, J. Matricon, G. Waysand, Editions de Seuil, París (1994); *Historia y Leyendas de la Superconductividad*, Sven Ortoli y Jean Klein, Editorial Gedisa, (1989); The discovery of superconductivity, Jacobus de Nobel and Peter Lindenfeld, *Physics Today*, September 1996, pág. 40. Véase también R. B. Onofre, *Sci. Am.*, marzo 1997, p. 54.
9. John Bardeen, muerto a comienzo de la década de los noventa, ha sido, hasta ahora, el único ser humano en ganar dos veces el Premio Nobel de Física. Su primer Premio Nobel le fue otorgado por el descubrimiento del transistor. Si en la tecnología del Siglo XXI, la superconductividad llega a jugar un papel muy importante, Bardeen será el autor de los descubrimientos tecnológicamente más relevantes de los dos siglos. Esa expectativa y el haber sido el único en obtener dos veces el premio Nobel de Física, lo colocan entre los más grandes físicos de toda la historia de la humanidad.
10. Esto sólo puede ocurrir en un medio, ya que en el vacío dos electrones se repelen, como es bien conocido.

11. Una interacción no-local es aquella que ocurre entre dos cuerpos, pero depende y afecta todo el entorno como cuando uno quiere acercar dos pasitas dentro de una gelatina.
12. *Superconductivity*, Parks, editor (1961).
13. *J. Low Temp. Phys.*, **34**, 456 (1978)
14. J.M. Daams, J.P. Carbotte and R. Baquero, *J. Low Temp. Phys.*, **35**, 547 (1979).
15. Y no lo es aún, 1997
16. Una búsqueda de materiales, muy sistemática y que merecía mejor suerte está asociada al nombre de Matthies.



VII ICFA SCHOOL ON INSTRUMENTATION IN ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS

León, Guanajuato, México

July 7-19, 1997

Organized by

ICFA Panel on Instrumentation Innovation and Development

Division of Particles and Fields (Mexican Physical Society), University of Guanajuato at León and CINVESTAV

International Organizing Committee

- A. Cattai, Switzerland
- B. Dolgoshein, Rusia
- T. Ekelöf, Sweden
- I. A. Golutvin, Rusia
- A. Gurtu, India
- G. Herrera, México
- Ma Ji-Mao, China
- T. Kondo, Japan
- S. Majewski, USA
- D. R. Nygren, USA
- H. Okuno, Japan
- A. Savoy-Navarro, France
- M. Sheaff, México/USA
- V. Sidorov, Rusia
- J. Va'vra, USA
- A. P. Vorobiev, Rusia
- H. Walenta, Germany

Local Organizing Committee

- A. Becerril Vilchis, ININ
- H. Castilla Valdez, CINVESTAV
- J. Félix Valdez, IF-UG (co-chair)
- A. Fernández, FCFM BUAP
- G. Herrera, CINVESTAV (chair)
- A. Menchaca, IFUNAM
- H. Méndez, CINVESTAV
- A. Morelos, IF-UASLP
- M. Sosa, IFUG

School Programme

Lecture Courses

Physics of Particle Detection

C. Grupen, Univ. Siegen

Gaseous Detectors

J. Va'vra, SLAC

Particle Identification

T. Ekelöf, Univ. Uppsala

Calorimetry

H. Marsisker, SLAC

Silicon Detectors

P. Weilhammer, CERN

High Rate Data Acquisition

P. S. Cooper, Fermilab

Laboratory Courses

Multiwire Proportional Chambers

G. Moreno and M. Sosa, Guanajuato Univ.

Muon Lifetime Measurement

L. M. Villaseñor, Michoacán Univ.

Silicon Detectors and Signal Processing

P. Weilhammer, CERN and P. Giubellino, U. Torino

Microstrip Gas Chambers

P. Bellazzini, INFN-Pisa

Scintillating Fibres and Advanced Photo Detectors

M. Atac, Fermilab/UCLA

Analog and Digital Circuits

G. Hall, Imp. College (*)

Data Acquisition

M. Sheaff, CINVESTAV and M. Johnson, Fermilab

X-Ray Imaging

Y. Zanevsky, JINR

PPAC Multi Strip Detectors

A. Martínez and R. Alfaro, IFUNAM

Review Talks

Heavy-Ion Experiments

A. Sandoval, GSI Darmstadt (*)

Perspectives in High Energy Physics

A. Zepeda, CINVESTAV

Medical Applications; Radiology and Nuclear Medicine

L. Shekhtman, Budker INP

New Ideas in Detector Technology

A. Breskin, Weizmann Inst. (*)

Dark Matter Detector

D. Mc Cammon, Univ. Wisconsin

Photodetection

K. Arisaka, UCLA

VLPC's for Tracking, Medical Imaging and Astronomy

M. Atac, Fermilab/UCLA

Airshower Detectors

C. Escobar, UNICAMP/USP

Neutrino Detectors

K. Nakamura, KEK

(*) To be confirmed

Further Information: Gerardo Herrera-Julian Félix Valdez

Fax: (5) 7 47 70 98, E-mail: icfa@fis.cinvestav.mx

<http://www.fcm.buap.mx/~marciano/ICFA/Page.html>



Efectos del plomo sobre la salud: el plomo y la lactancia

José Víctor Calderón Salinas

Generalidades

El plomo es un metal que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, ya sea en yacimientos naturales o debido a su amplia utilización en la industria. Ha acompañando al ser humano desde que se familiarizó en el uso de los metales y se convirtió en el favorito de las civilizaciones antiguas por sus características de ductilidad, de maleabilidad y de resistencia. Desde entonces existen antecedentes de los efectos tóxicos que este metal produce¹.

El desarrollo de la toxicología del plomo se incrementó con la revolución industrial; en buena medida por el aumento de la incidencia de intoxicaciones agudas provocadas por la explotación masiva del plomo, ya que fue uno de los metales impulsores de esta revolución. Esta situación coincidió con el mejoramiento de las posibilidades de diagnóstico, asociado a los avances en el conocimiento de la fisiología, de la patología y de la tecnología aplicada a la medicina¹.

El reconocimiento de la gran cantidad de individuos expuestos y afectados por el plomo fue una de las señales más importantes que dieron lugar a la creación de una conciencia ecologista en los países industrializados en la década de los años 40 y que apenas hoy cobra fuerza en los países en vías de desarrollo, como el nuestro. En la década de los años 50 surgieron las primeras normas para el control de la

El Dr. José Víctor Calderón Salinas es investigador titular y jefe del Departamento de Bioquímica del Cinvestav.



contaminación y la exposición al plomo, en las que se estableció como el nivel máximo permisivo de plomo en sangre los valores entre 40 y 50 $\mu\text{g}/\text{dl}$; estas normas son ahora más estrictas, de manera que el límite ha venido disminuyendo conforme avanza el conocimiento de la toxicología del plomo, hasta llegar a un valor de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ sin causar daño aparente en niños².

Un problema de salud pública

Contrariamente a las declaraciones gubernamentales de diferentes países, acerca de que el plomo ya no es un problema ambiental, diferentes grupos de investigación hemos resaltado el hecho de que sigue representando un importante problema de salud pública. Aun cuando parece ser que se han reducido los niveles de contaminación ambiental con plomo, y por lo tanto las dosis de exposición, los fenómenos de biodisponibilidad y biodistribución característicos del metal provocan que la intoxicación crónica con plomo continúe siendo un problema.

Si bien es cierto que actualmente las intoxicaciones agudas o subagudas no son tan comunes, ni tan intensas como las de la década de los años 60, la condición subclínica de la intoxicación crónica con plomo ha ganado terreno. Esta condición tiene características de un síndrome no patonómico. Es por esto, quizás, que no puede ser diagnosticada, es confundida con muchos otros padecimientos y no se le ha conferido la importancia que realmente tiene. Sin embargo, este padecimiento está cobrando muy cara la indiferencia con la que se maneja el problema.

Diversas agencias estadounidenses de salud pública han calculado el costo que produce al país el incremento de cada microgramo de plomo por decilitro de sangre en un individuo. Considerando la disminución en la calidad de vida, reflejada en la eficiencia neuromuscular, a su vez responsable de la eficiencia en el trabajo, es posible estimar la disminución de su fuerza productiva, lo que finalmente se traduce en pérdidas económicas para el país. A estos costos debemos agregar los de hospitalización que generará un individuo con infecciones recurrentes e insuficiencia renal como resultado de la intoxicación crónica.

Se ha estimado el costo por cada microgramo de plomo que aumenta en la sangre por arriba de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ en un individuo en \$1,147 dólares³. Estudios realizados por varios grupos de investigación, entre ellos el nuestro, en diversas ciudades de la República Mexicana^{4,5,6}, proporcionan un panorama, sin valor epidemiológico, de la situación de nuestra población; más del 30% de los individuos de las poblaciones estudiadas presentan una cantidad de plomo en su sangre por arriba de los 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$. A pesar de que estos datos son aproximados, todo parece indicar que el problema tiene magnitudes insospechadas.

En los países en vías de desarrollo se presume que el problema con el plomo se ha erradicado; sin embargo, las agencias de salud de los países industrializados lo siguen considerando como un problema prioritario de salud pública, a pesar de que prácticamente no hay individuos con más de 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ y de que se cuenta con rigurosos sistemas de control de exposición, así como de diagnóstico ambiental.

Absorción, distribución y redistribución de plomo en el organismo

El plomo puede formar sales inorgánicas y orgánicas. Las sales inorgánicas se forman cuando el plomo tiene una valencia de +2, mientras que en las sales orgánicas su valencia puede ser además de +4. Una vez en el organismo, las sales son transformadas a plomo +2 y en esta forma el plomo es capaz de competir con el calcio y con otros cationes divalentes de importancia fisiológica.

El plomo ingresa a un organismo básicamente por las vías digestiva y respiratoria aunque, eventualmente y bajo ciertas condiciones, también puede ser absorbido por la piel. Una vez en el organismo se distribuye por medio de la sangre al resto de los tejidos, preferencialmente hacia el hueso, que es muy resistente al plomo. El tejido óseo en realidad constituye un órgano de acumulación que protege al resto de los órganos, ya que retiene una buena parte y por lo tanto la cantidad de plomo disponible es mucho menor. El resto del plomo se distribuye a otros órganos, tales como el cerebro, el riñón, la médula ósea y el hígado, algunos de los cuales se dañan aun con bajos niveles de plomo, lo que los convierte en órganos blanco.

Solamente una proporción del plomo circulante puede ser excretado; la principal vía de excreción es la urinaria, mientras que una proporción más pequeña puede desecharse por los fluidos de secreción gastrointestinal, de manera que la mayor parte del plomo que se encuentra en las heces es plomo que no fue absorbido por la vía digestiva. También es posible eliminar una pequeña cantidad de plomo por las células que se descaman en la piel, en el pelo y en las uñas, y existen algunas condiciones fisiológicas que permiten que el plomo pueda ser excretado por otros fluidos, como la leche materna.

Aun cuando existen diferentes vías de excreción, la relación absorción/excreción siempre es mayor a la unidad; esto se traduce en acumulación de plomo en el organismo. Se estima que el tiempo necesario para que una persona expuesta a bajas dosis de plomo elimine completamente ese metal de sus tejidos es de 20 años a partir de que cesa la exposición⁷.

A pesar de que una parte importante de la permanencia del plomo en el organismo podría atribuirse a la diferencia entre la absorción y la excreción, también podría explicarse por la gran afinidad que muestra el plomo por las células y por los tejidos, como resultado de su interacción con macromoléculas.

El plomo posee una elevada afinidad por las proteínas, a las cuales se puede unir por tres mecanismos: (1) la interacción con sitios estereoespecíficos que constituyen los sitios de unión natural de los metales divalentes de importancia biológica; (2) la interacción electrostática, en dominios con alta densidad de carga

negativa; y (3) la interacción covalente con grupos sulfhidrilo vecinales, con los cuales forma mercáptidos. Como resultado de la unión del plomo con las proteínas se presentan alteraciones estructurales y funcionales de esas macromoléculas, responsables de los principales fenómenos fisiopatológicos de este tipo de intoxicación⁸.

Otro tipo de macromoléculas que pueden sufrir daños estructurales y funcionales a consecuencia de la unión del plomo son los ácidos nucleicos. En concentraciones elevadas el plomo puede ser mutágeno; sin embargo, si estas concentraciones se presentaran en un organismo antes de ocurrir la mutagenicidad, el organismo moriría por los daños renales, hepáticos y de sistema nervioso. No obstante, hasta el momento no se ha demostrado que el plomo pueda ser carcinogénico a las concentraciones que causan intoxicación crónica y existen dudas sobre su capacidad teratogénica⁸.

El plomo puede además interactuar con los lípidos, básicamente con los fosfolípidos de las membranas y particularmente con aquéllos que poseen carga negativa; pero el problema principal no resulta de la interacción entre ellos, sino de la posibilidad de inducir lipoperoxidación. Solamente a concentraciones elevadas, el plomo es capaz de inducir por sí mismo lipoperoxidación; sin embargo, en dosis bajas puede producirla si están presentes grupos hemo libres o hierro. Debido a que la intoxicación crónica con plomo induce el incremento de la concentración de ácido delta-aminolevulínico, de protoporfirinas eritrocitarias libres, de grupos hemo libres y de hierro libre, aun a bajas concentraciones el plomo puede tener un efecto oxidativo⁸.

Etapas clínicas de la intoxicación crónica con plomo

Clínicamente, el daño causado por el plomo transcurre por diferentes etapas⁶. En una primera etapa el proceso es subclínico y sólo puede ser detectado cuando se realiza un análisis bioquímico de las actividades de enzimas tales como la delta-aminolevulínico dehidratasa y la ferroquelatasa^{6,9}. La siguiente etapa, también subclínica, se caracteriza por los daños a los sistemas celulares y sólo puede detectarse evaluando la actividad neuromuscular (velocidad y coordinación



neuromotora), como lo hemos mostrado en niños crónicamente expuestos a plomo¹⁰.

En la tercera etapa, que corresponde a la intoxicación crónica propiamente dicha, ya es posible observar manifestaciones clínicas, aunque no son patognomónicas puesto que pueden ser compartidas por múltiples enfermedades. Las manifestaciones clínicas más frecuentes son: cólicos abdominales, mareos, dolores de cabeza, dolores musculares y anemia. Como es evidente, estos síntomas y signos son difíciles de atribuir a una enfermedad específica y menos aún en nuestro medio, donde tales manifestaciones son fácilmente explicadas por la desnutrición, las enfermedades parasitarias y otras infecciones crónicas⁶. Estos problemas de identificación provocan que el médico prácticamente desconozca esta entidad clínica y por lo tanto no la tome en cuenta durante la evaluación diagnóstica, de manera que el impacto epidemiológico en la población general no puede estudiarse por medio de los análisis clínicos.

En etapas más avanzadas de la intoxicación crónica se presentan manifestaciones francas de la enfermedad, que consisten básicamente en daños hematológicos, óseos y renales, con una disminución de la velocidad y de la coordinación muscular; así como al-

teraciones en la conducta y en la capacidad cognoscitiva. Muchos trabajos se han realizado para tratar de definir el grado de daño que provoca la intoxicación crónica con plomo sobre el coeficiente intelectual; estudios de nuestro grupo^{6,10} coinciden con los de otros investigadores¹¹ en señalar que existe disminución del coeficiente intelectual, principalmente el de ejecución. Si bien es cierto que es muy difícil evaluar el daño causado por el plomo en una función tan compleja como es el proceso cognoscitivo, los estudios indican que el plomo disminuye la calidad de vida del paciente y afecta sus expectativas de desarrollo neuromuscular y cognoscitivo, aun cuando no se esté en condiciones de establecer un índice del daño. Los efectos del plomo son acumulativos y pueden incidir en el desarrollo del individuo, afectando las pendientes de maduración del desarrollo fisiológico de la eficiencia, de la velocidad neuromuscular de respuesta y de la coordinación neuromuscular, sobre todo en niños, como lo han mostrado estudios realizados en poblaciones infantiles ambientalmente expuestas a plomo en las ciudades de Torreón y de México¹⁰.

En las últimas etapas de la intoxicación con plomo no existen problemas diagnósticos, dado que se presentan insuficiencias renales y hepáticas, así como colapso del sistema nervioso central, con convulsiones

severas, alteraciones importantes de la conducta y finalmente la muerte. Sin embargo, rara vez una intoxicación crónica evoluciona hasta esta última etapa y, si lo hace, será después de transcurrir muchos años.

Tratamiento de la intoxicación con plomo

Los tratamientos que pueden ofrecerse a los pacientes son escasos y dependen de la etapa en la que se detecta el problema; hasta la fecha no existe ningún tratamiento efectivo y se debe insistir en la importancia de la prevención y de la vigilancia epidemiológica.

Uno de los tratamientos que se emplea con frecuencia es el uso de agentes quelantes, que permiten reducir los niveles de plomo en el organismo; sin embargo, esta medida puede producir un incremento súbito de los niveles de plomo en la sangre, debido a la salida del plomo acumulado en el hueso, causando que una intoxicación crónica se transforme en una aguda. El tratamiento con quelantes también provoca la disminución del calcio iónico en la sangre, debido a que el quelante también secuestra al calcio; esta hipocalcemia puede causar tetania e incluso la muerte. Otra complicación que puede presentarse es la aparición de insuficiencia renal debida al complejo quelante-plomo o quelante-calcio, que al ser retenido en el riñón daña los túbulos renales produciendo pielonefritis.

Evidentemente, el uso de quelantes en el tratamiento de las etapas iniciales de la intoxicación crónica no está justificado; así que, de manera alternativa, se realizan estudios para encontrar nuevos quelantes con menor afinidad para el calcio y nuevos esquemas de tratamiento que permitan disminuir o eliminar el plomo en la sangre y modificar en forma mínima el proceso de extracción del plomo acumulado en el hueso. En nuestro laboratorio se realizan experimentos en eritrocitos humanos, y en animales de experimentación, con quelantes encapsulados en liposomas y péptidos con una elevada afinidad por el plomo como alternativas terapéuticas¹².

Existe otro problema en las terapias destinadas a la reducción de los niveles de plomo. Estudios *in vitro* indican que el retirar el plomo de las proteínas no es suficiente, ya que varias de estas proteínas son oxidadas y

su función no se restablece a menos que se utilice un compuesto reductor. Esto implica que algunos daños producidos por el plomo sean irreversibles y persistirán aun cuando se disminuyan las concentraciones del plomo en el organismo. Lo anterior nos ha llevado a realizar experimentos empleando agentes antioxidantes en la prevención y el tratamiento de la intoxicación, cuyos resultados preliminares indican la posibilidad de que esta medida resulte en una alternativa atractiva¹³.

En etapas más avanzadas de la enfermedad no sólo es posible el uso de quelantes sino que incluso es recomendable, dado que el daño causado por el plomo es de tal magnitud que por sí mismo puede conducir a la muerte, y se justifica plenamente el riesgo-beneficio. Además del uso de quelantes se requiere el empleo de medicamentos que controlen los síntomas, tomar medidas que permitan tratar las complicaciones: transfusiones para tratar la anemia, diálisis para tratar la insuficiencia renal, dietas especiales para tratar la insuficiencia hepática, así como fármacos para tratar las convulsiones y las alteraciones de la conducta. En la mayoría de los casos, estos tratamientos se dan a los pacientes pensando que se está manejando una enfermedad primaria o que derivan de otras etiologías y no por la sospecha de intoxicación crónica con plomo.

Condiciones que provocan una redistribución de plomo

La capacidad de los quelantes para extraer el plomo óseo puso de manifiesto la posibilidad de que en ciertas condiciones el plomo óseo pudiera movilizarse. Tales condiciones pueden ser fisiológicas como el crecimiento, la menopausia, el embarazo o la lactancia; o bien condiciones fisiopatológicas como las fracturas, la osteoporosis o una dieta deficiente en calcio.

Debido a que el plomo se distribuye en el organismo de manera similar al calcio, y a que comparte algunos de sus sistemas de transporte —por ejemplo el de la entrada al eritrocito en humanos¹⁴—, se ha propuesto que una dieta rica en calcio puede eliminar el plomo del organismo. Esta propuesta está sustentada en el conocimiento de que el calcio compite efectivamente con el plomo por la entrada al organismo a través de la absorción intestinal. Sin embargo, no existen evidencias de que se pueda extraer plomo de una

célula por la entrada de calcio, lo cual es difícil de pensar si consideramos que los niveles de calcio en el interior de las células están finamente controlados.

Los efectos del plomo sobre las funciones del calcio son diversos e incluso antagónicos. En algunos casos el plomo mimetiza al calcio pero con una afinidad superior; en otros casos es capaz de bloquear con gran afinidad la acción del calcio. En algunas situaciones muestra competencia con y desplazamiento por el calcio, como lo hemos demostrado con la calmodulina y la Ca-ATPasa de eritrocitos humanos⁸. Por lo anterior, pensamos que el uso indiscriminado del calcio en pacientes crónicamente expuestos a plomo, y que han acumulado el tóxico en el organismo, podría ser inconveniente si no esperamos a tener un mejor conocimiento de la interacción calcio-plomo, que nos permita incluso predecir acciones desfavorables en un sistema dado. Por ejemplo, si la competencia del calcio con el plomo que se observa en la absorción intestinal se presentara también en la excreción por la vía renal, el calcio evitaría la salida de plomo del organismo, con consecuencias evidentemente negativas.

Aun con las limitantes antes mencionadas, el calcio se ha usado en la prevención y en el tratamiento de la intoxicación crónica. Los resultados han sido tan ambiguos que no permiten concluir al respecto, y el hecho de no conocer completamente las posibles interacciones de distribución del calcio y del plomo obliga a guardar reservas sobre estas conductas terapéuticas.

Distribución de plomo durante el embarazo y la lactancia

Una buena posibilidad para estudiar la distribución del plomo existe en los procesos fisiológicos que incrementan la cinética distributiva del calcio, como son el embarazo y la lactancia. Estos procesos como tales entrañan un peligro, debido a que la redistribución del plomo puede provocar un incremento de plomo en la sangre y con ello del plomo circulante, favoreciendo su distribución a otros tejidos e incrementando así el grado de intoxicación en la mujer embarazada o en la madre que amamanta, en un fenómeno de autointoxicación. Pero no solamente la madre resultaría afectada, ya que el aumento del plomo circulante incrementa la transferencia de plomo hacia el producto

a través de la placenta o de la leche, provocando con ello la exposición del producto en fases muy tempranas tanto del desarrollo intrauterino como del extrauterino.

El incremento del plomo circulante durante el embarazo y la lactancia puede ser explicado por la necesidad de movilizar calcio tanto para el desarrollo óseo del producto, como para la producción de la leche. Esa movilización consistiría en su salida desde el hueso (resorción ósea), que actúa como una fuente interna de calcio, o provenir de fuentes externas a través del calcio de la dieta (absorción intestinal).

Las hormonas paratiroidea, calcitonina y dihidroxicolecalciferol son las más importantes en la regulación de los niveles de calcio sanguíneo y en la movilización general de calcio en el organismo. Cuando existe una disminución de calcio en la sangre, estos sistemas hormonales estimulan simultáneamente la resorción ósea y la absorción intestinal, a la vez que disminuyen la excreción renal de calcio. Lo contrario ocurre cuando se presenta un incremento de los niveles sanguíneos de calcio. Esta fina regulación permite que los niveles de calcio en la sangre se mantengan constantes y asegura los flujos de calcio hacia los distintos órganos¹⁵.

El plomo se encuentra en el hueso en forma de sales de fosfato e interacciona con las proteínas de la matriz ósea de manera similar a como lo hace el calcio. Por esta razón se estima que el plomo puede ser extraído del hueso durante el proceso de resorción, respondiendo a la degradación de hueso inducida por las proteasas y las fosfatasas que permiten extraer el calcio¹⁶.

Sin embargo, no solamente el proceso de resorción está involucrado en la salida del plomo óseo, sino que también el recambio de calcio-plomo podría estar implicado en este fenómeno. El proceso de resorción de calcio sucede aun en condiciones donde los niveles de calcio en la dieta son elevados; la explicación fisiológica de este hecho radica en que el calcio que se absorbe tiene que ser acumulado en el hueso, aguardando el momento en el que sea requerido. Debido a que la absorción intestinal de calcio no es un proceso continuo y permanente, puesto que depende de la presencia de calcio en el intestino, y a que por otro lado los requerimientos de calcio suceden en periodos finitos y definidos, se hace necesario tener en



todo momento la posibilidad de obtener calcio del hueso por el proceso de resorción.

Cuando los niveles de calcio en la dieta son adecuados no se presentan descalcificaciones debido a que el calcio que sale del hueso es restituido por el que ingresa en la dieta, dando lugar a un fenómeno de recambio; así, el calcio sale y entra al hueso en periodos muy cortos, dando la impresión de permanencia. Lo más destacable es que este recambio del calcio podría también influir en la distribución del plomo, de forma que el incremento de calcio en la dieta podría influir en la movilización de plomo, incrementando su salida al estimular el recambio y posiblemente por una competencia entre ambos metales por sitios de unión en la matriz ósea¹⁶.

Si lo que indican nuestros experimentos en ratas tiene su contraparte en el humano, el panorama se volvería muy desfavorable para las mujeres embarazadas o lactantes expuestas crónicamente al plomo, ya que además de la movilización inherente al estado de embarazo o lactancia, la salida de plomo óseo se incrementaría al suplementar la dieta con calcio, práctica muy común en la medicina para evitar la descalcificación ósea.

El no suplementar con calcio la dieta de las mujeres embarazadas y en etapas de lactancia puede provocar daños importantes, que van desde problemas renales hasta crisis hipertensivas e hipocalcemias severas, además de la descalcificación, donde en el balance final surge la disyuntiva de riesgo-beneficio para este tipo de casos.

Los experimentos realizados en nuestro laboratorio con ratas han mostrado¹⁷ que el plomo puede absorberse de manera importante durante el embarazo y la lactancia cuando hay una exposición por la vía digestiva; si en estas condiciones se suplementa la dieta con calcio, la absorción intestinal del plomo disminuye. En este sentido resultaría benéfico suplementar la dieta con calcio. Sin embargo, la salida de plomo óseo se incrementa con el aumento de la concentración de calcio en la dieta y posiblemente la excreción urinaria de plomo se vería disminuida, debido a un incremento en la secreción tubular de calcio, necesaria para eliminar el calcio por la orina.

Nuestros experimentos indican que el hecho de reducir el calcio durante estas etapas no es la solución, ya que la ausencia de calcio en la dieta provoca un incremento en la movilización de calcio óseo, y en con-

secuencia una salida de plomo óseo; además de los problemas que puede generar la disminución de calcio en la dieta en dichas etapas.

Es factible que podamos encontrar una concentración óptima de calcio en la dieta, la cual pudiera disminuir el grado de movilización de plomo en el organismo y al mismo tiempo satisfacer las demandas de calcio propias de estos estados fisiológicos. Sin embargo, es importante señalar que en nuestros experimentos nunca se logró evitar la movilización de plomo óseo, lo cual indica que esta movilización es dependiente del embarazo y de la lactancia.

El siguiente paso es realizar experimentos en humanos, para lo cual se deberán establecer diseños experimentales con mujeres embarazadas, donde el problema más importante por enfrentar será la intervención dietética, que implica riesgos y problemas éticos que deben considerarse con mucha cautela. Es posible que no encontremos diferencias significativas con los experimentos en las ratas embarazadas y en lactancia, que conduzcan nuevamente a la disyuntiva de requerir las acciones preventivas como única solución realmente efectiva, factura que al parecer no estamos dispuestos a pagar. Tal vez las autoridades, en un arrebato, se decidan por prohibir el embarazo para evitar la autointoxicación, la intoxicación de los productos, y de paso reducir el índice de natalidad.

Perspectivas

Existe mucho por realizar por los diferentes miembros de la sociedad ante este problema, que no es el único, ni el más importante. Quienes realizamos investigación debemos continuar trabajando multidisciplinariamente para: (1) profundizar en el conocimiento de los mecanismos fisiopatológicos del daño, lo cual permitirá establecer más y mejores sistemas de detección temprana; (2) explorar otras posibilidades terapéuticas y profilácticas mejor dirigidas y más racionales; (3) diagnosticar la susceptibilidad de los individuos.

Esta breve reseña del problema parecería ser una descripción apocalíptica y sin alternativas de solución. Como siempre, las alternativas nos las da la propia naturaleza ya que en este proceso patológico, como en cualquier agresión al organismo, existe una suscepti-

bilidad individual y una respuesta del organismo a las agresiones¹⁸, lo cual a su vez permite defendernos o ser más sensibles a los daños provocados por la intoxicación crónica con plomo. El estudio de estas características individuales nos permitirá profundizar en el conocimiento de la toxicidad y posiblemente obtener alternativas diagnósticas y terapéuticas¹⁸, pero de ello hablaremos en otra ocasión.



Notas

1. M.A. Quintanar Escorza, *Bol. Educ. Bioquím.* **15**, 37 (1996).
2. Center of disease control, *Preventing lead poisoning in young children: A statement by the centers for disease control* (US Dept. Health Human Service, Atlanta, 1991).
3. ATSDR, *Case studies in environmental medicine, lead toxicity* (US Dept. Health and Human Services, Atlanta, 1990).
4. S.J. Rothenberg, *Neurotoxicology Teratology* **11**, 85 (1989).
5. L.M. Albert y F. Badillo, *Rev. Environ. Contamination Toxicology* **117**, 1 (1991).
6. J.V. Calderón Salinas, B. Valdez Anaya, M.A. Zúñiga Charles y A. Albores Medina, *Human & Exper. Toxicol.* **15**, 305 (1996).
7. J.V. Calderón Salinas, Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina UAC (1985).
8. A. López Miranda, Tesis de maestría, Cinvestav (1995).
9. J.V. Calderón Salinas, C. Hernández Luna, M. Maldonado Vega y D. Saenz Romero, *J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol.* **3**, 153 (1993).
10. J.V. Calderón Salinas, C. Hernández Luna, B. Valdez Anaya, M. Maldonado Vega y A. López Miranda, *Human & Exp. Toxicol.* **15**, 376 (1996).
11. H.L. Needleman, D. Bellinger, *Ann. Rev. Public Health* **18**, 111 (1991).
12. J.V. Calderón Salinas, C. Hernández Luna, M.

Maldonado Vega y D. Saenz Romero, *Rev. Mex. C. Farm.* **23**, 60 (1992).

13. M. Maldonado Vega, M. Flores Rosas, J.V. Calderón Salinas, "Protección y reversión del daño provocado por el plomo en la enzima 5-aminolevulinato deshidratasa, de eritrocitos de humano, por vitamina C y E", IV Cong. Nal. Inv. Salud Pública, Cuernavaca, Morelos (1993).

14. M. A. Quintanar Escorza, Tesis de maestría, Cinvestav (1996).

15. M. Maldonado Vega y J.V. Calderón Salinas, *Bol. Educ. Bioquím.* **4**, 129 (1996).

16. M. Maldonado Vega, Tesis de doctorado, Cinvestav (1997).

17. M. Maldonado Vega, J. Cerbón Solórzano, A. Albores Medina, C. Hernández Luna y J.V. Calderón Salinas, *Human & Exper. Toxicol.*, **15**, 872 (1996).

18. J.V. Calderón Salinas y A. Florido Segoviano, *Bol. Educ. Bioquím.* **15**, 74 (1996).



Becas Mario Molina

Convocatoria

El Fondo Mario Molina para Ciencias Ambientales, AC, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Convocan

A los estudiantes mexicanos, centros de investigación e instituciones de educación superior a presentar candidatos para que concursen por las Becas Molina de excelencia en la disciplina de Ciencias Ambientales bajo las siguientes

Bases

- Los recursos del Fondo Molina se destinarán a cubrir:
 - Hasta cuatro becas para realizar estudios de **doctorado** en el área de Ciencias Ambientales en alguna institución de excelencia en el extranjero. En este caso, el Fondo Molina cubrirá manutención, colegiatura y seguro médico.
 - Una beca para realizar **estancia posdoctoral** sobre Ciencias Ambientales en algún centro de investigación o institución de educación superior de excelencia en el extranjero. En este caso, el Fondo Molina cubrirá manutención, colegiatura y seguro médico.
 - Dos becas para realizar **estancias sabáticas**, con algún proyecto de investigación sobre Ciencias Ambientales en algún centro de investigación o institución de educación superior de excelencia en el extranjero. En este caso, el Fondo Molina cubrirá manutención y seguro médico.
 - Una beca para realizar **estancia de trabajo** relacionada con algún proyecto de investigación en el área de las Ciencias Ambientales en el extranjero. En este caso, el Fondo Molina cubrirá manutención y seguro médico.

Requisitos

Para concursar por las becas de doctorado, el candidato debe:

- Ser ciudadano mexicano.
 - Que el objetivo del candidato sea realizar estudios de doctorado, sin considerar como intermedio el grado de maestría.
 - Haber obtenido la licenciatura antes del 30 de mayo en alguna Institución de Educación Superior nacional, con un promedio mínimo de 8 o su equivalente.
 - Presentar la solicitud en el formato de beca-crédito de Conacyt para demanda libre, y conforme a los tiempos, que se establecen en la Convocatoria Única de Conacyt, emitida el 13 de enero de 1997.
 - El Conacyt ofrece al estudiante, además de los apoyos arriba señalados, una vez que termine con éxito su doctorado.
- Cátedra Patrimonial en una Institución de Investigación Nacional. Asimismo se proporcionarán recursos para cubrir los gastos de pasaje y menaje de casa.
 - Como complemento, podrá solicitar apoyo para un proyecto de investigación en el área de Ciencias Ambientales, el cual le permitirá acceder a recursos hasta por \$300,000.00 para la adquisición del equipo científico requerido para la iniciación de sus trabajos de investigación. Este proyecto será evaluado por el Comité Técnico abajo señalado.

Para concursar por la beca de estancia posdoctoral, el candidato debe:

- Ser ciudadano mexicano.
 - Haber obtenido el doctorado con grado sobresaliente en un programa inscrito dentro del Padrón de Posgrados de Excelencia de Conacyt de alguna institución nacional.
 - El solicitante deberá contar con una carta de invitación de la institución extranjera de prestigio en donde vaya a desarrollar su estancia posdoctoral, así como el plan de trabajo a desarrollar.
 - La solicitud deberá ser acompañada por el curriculum vitae en extenso del candidato.
 - La duración del apoyo será de un año con posibilidades de extenderlo un año más.
 - El Conacyt ofrece al posdoctorante, además de los apoyos arriba señalados, una vez que termine con éxito su estancia:
- Prioridad para su incorporación por el Programa de Repatriación a una Institución de Investigación Nacional. Asimismo se proporcionarán recursos para cubrir los gastos de pasaje y menaje de casa.
 - Como complemento a su repatriación, el investigador podrá solicitar apoyo para un proyecto de investigación en el área de Ciencias Ambientales, el cual le permitirá acceder a recursos hasta por \$300,000.00 para la adquisición del equipo científico requerido para la iniciación de sus trabajos de investigación. Este proyecto será evaluado por el Comité Técnico abajo señalado.

Para concursar por las becas de estancias sabáticas y de trabajo, el candidato debe:

- Trabajar como investigador o profesor de tiempo completo en una institución de educación superior o en un centro de investigación.
 - Estar realizando investigación relacionada con Ciencias Ambientales.
 - La solicitud deberá contar con una carta de invitación de la institución extranjera en donde vaya a desarrollar su estancia, y una carta de postulación por parte de la institución donde labora el investigador.
 - Presentar el Programa de Trabajo para realizarse durante la estancia y su curriculum vitae en extenso.
 - La beca será otorgada por un plazo de 12 meses improrrogables.
 - El solicitante podrá contar con ingresos adicionales por otras fuentes, los cuales deberán ser informados en su solicitud.
 - El investigador deberá informar al Comité sobre el trabajo realizado, mediante un informe final avalado por la institución receptora y la institución de origen.
- Las solicitudes serán evaluadas por el Comité Técnico del Fondo Molina, y para las estancias se complementará con la opinión escrita de árbitros externos de reconocido prestigio por su labor y experiencia.
 - La decisión final sobre el otorgamiento de los apoyos será prerrogativa del Comité Técnico, y su decisión será inapelable.
 - Tratamiento del adeudo de las becas:
 - Doctorado: Si el candidato acepta el compromiso de recibir el apoyo para regresar a trabajar a una institución de educación superior o de investigación científica durante el doble de tiempo al que destinó a realizar el doctorado, se le eximirá del pago de la beca y de los apoyos recibidos. En caso contrario retribuirá el adeudo, conforme lo estipula el Reglamento General de Becas-Crédito de Conacyt.
 - En las otras modalidades el candidato se compromete a regresar a trabajar a México en la institución de educación superior o de investigación científica convenida, durante el doble de tiempo que duró su estancia. En caso de permanecer en el extranjero cubrirá el monto total asignado.

Sistemas semióticos de representación

Fernando Hitt Espinosa

Introducción

La preocupación existente entre los matemáticos y profesores de matemáticas porque los alumnos no confunden los objetos matemáticos con sus representaciones, ha desfavorecido durante mucho tiempo el uso de las llamadas representaciones intuitivas y privilegiado las representaciones en el sistema simbólico algebraico, que es visto como el registro de llegada de todo aprendizaje matemático, entre otras razones por ser el más formal! Sin embargo, la apropiación de un objeto matemático difícilmente puede lograrse sin recurrir a diversas representaciones del mismo. La manipulación, por parte de los estudiantes, de representaciones matemáticas les proporciona los medios para construir imágenes mentales de un objeto o concepto matemático, y la riqueza de la imagen conceptual construida dependerá de las representaciones que el estudiante haya utilizado. De ahí la importancia que debe darse al uso de diversas representaciones matemáticas en la enseñanza de las matemáticas y en los libros de texto.

En lo que sigue utilizaremos el término imagen conceptual para referirnos al conjunto de todas las imágenes que un individuo tiene asociadas a un concepto¹. Un ejemplo, en el caso de las matemáticas, puede ser el concepto de función y las diferentes imágenes mentales construidas alrededor de ese concepto : como una relación entre dos cantidades variables, como una fórmula $y = f(x)$, como una tabla de

El Dr. Fernando Hitt Espinosa es investigador titular y jefe del Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav. El autor agradece a CONACyT por el apoyo otorgado para la investigación relacionada a este tema.

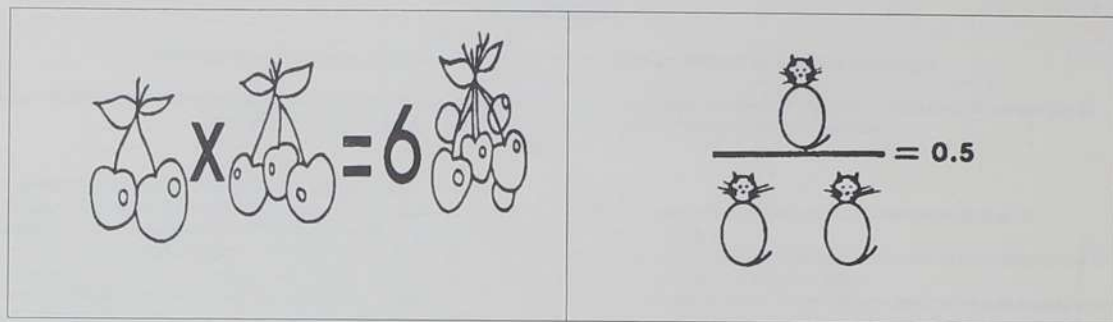


Figura 1

valores, como una gráfica con determinadas características, etc.

En investigaciones recientes sobre la construcción de conceptos matemáticos se concede cada vez más atención a la construcción de imágenes mentales, poniendo especial cuidado en una "buena" elección de las representaciones para lograr el aprendizaje de un concepto matemático.

Ahora bien, una imagen conceptual adecuada en la mente de una persona seguramente le facilitará resolver problemas matemáticos relacionados con el concepto, pero, ¿cómo ayudar a las personas en la construcción de imágenes conceptuales adecuadas? Es aquí en donde entra en juego la investigación sobre los sistemas semióticos de representación utilizados en la enseñanza de las matemáticas.

De la "Matemática moderna" a la "Matemática cercana a la realidad"

La reacción frente a los problemas de aprendizaje de las matemáticas provocados por la corriente denominada Matemática Moderna (1960-1975), hizo que de un extremo se pasara al otro; entre 1975 y 1985 los investigadores, autores de libros y profesores de matemáticas impulsaron una nueva enseñanza de las matemáticas "cercana a la realidad". Esta cercanía al mundo real se entendió de diversas maneras; una de ellas fue la proliferación de representaciones matemáticas absurdas que, además, podían generar un conocimiento equivocado. Por ejemplo, Adda² señala que

en algunos textos de educación primaria aparecieron dibujos como el de la figura 1; y agrega: "se quieren hacer las cosas más atractivas, más agradables, más familiares y lo que se consigue es alejarse cada vez más de los objetos matemáticos".

Como consecuencia de fenómenos como el ejemplificado, surgió la preocupación por entender mejor los problemas de aprendizaje que puede provocar una mala representación de un objeto matemático y, asimismo, aumentó el número de investigadores en educación matemática dedicados al estudio de esta problemática. Entre ellos podemos citar los trabajos de Janvier³, Kaput⁴, Duval⁵, y Hitt⁶, donde podemos apreciar una evolución de la discusión teórica sobre el papel de los sistemas semióticos de representación y, en algunos casos, ejemplos específicos relacionados con la enseñanza de ciertos conceptos matemáticos, como el de función.

Antes de presentar algunos aspectos de esta discusión, veamos algunos ejemplos relacionados con el uso de diversos sistemas semióticos de representación en la enseñanza.

La importancia de la articulación entre representaciones

Los resultados obtenidos en la investigación realizada por Selden *et al.*⁷, sobre las dificultades que tienen los estudiantes de ingeniería para resolver problemas matemáticos no rutinarios sorprendieron tanto a profesores de matemáticas como a las autoridades educativas de los EUA. Este estudio se realizó con una muestra de 17 alumnos que habían aprobado un curso

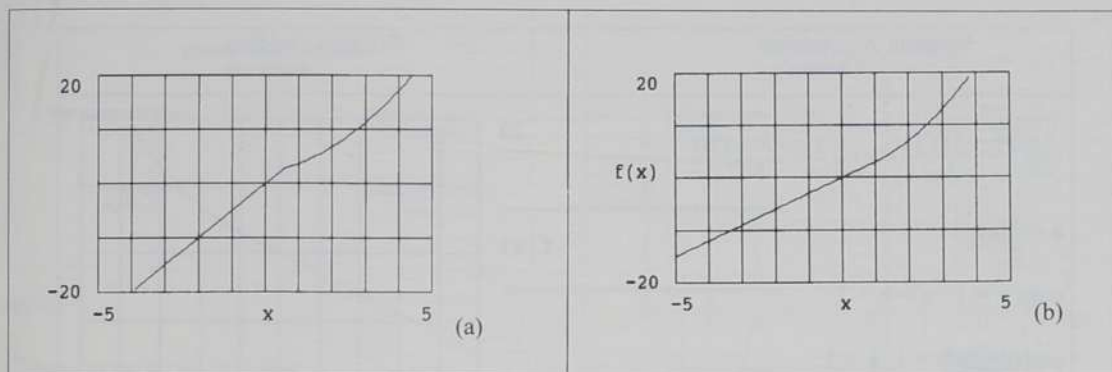


Figura 2.

anual de cálculo diferencial e integral con calificaciones regulares (calificación de C en EUA), a quienes se les solicitó resolver cinco problemas de matemáticas. Selden *et al.* señalan que: “ninguno de estos estudiantes logró resolver totalmente un problema correctamente. La mayoría pudo hacer algo”.

Enunciamos a continuación uno de estos problemas propuestos por Selden *et al.*:

Sea $f(x) = ax$, si $x \leq 1$; y $f(x) = bx^2 + x + 1$, si $x > 1$. Encuentre **a** y **b** de modo que $f(x)$ sea derivable en 1.

Para entender el fracaso de estos alumnos frente a problemas como el anterior, tendremos que precisar algunas ideas (cabe señalar que un estudio similar al de Selden *et al.* fue realizado con profesores de enseñanza media en México⁸, obteniéndose resultados semejantes a los encontrados por ellos).

¿Qué entendemos por un problema no-rutinario? Personalmente, lo que entiendo por un **problema no-rutinario** es uno donde al leer el enunciado **no** viene a la mente un algoritmo predeterminado, o una idea a desarrollar para resolverlo. Entonces, si la lectura del enunciado no me indica qué tipo de algoritmo o camino seguir, es necesario interpretarlo y eventualmente recurrir a una representación semiótica diferente. Por ejemplo, si analizamos el enunciado del problema propuesto por Selden *et al.*, podemos darle una interpretación en el terreno gráfico, es decir, en el sistema semiótico de la representación gráfica; lo que se requiere es la construcción de una curva asociada a una

función, de tal manera que en $x = 1$ se puedan unir una parte de una recta con una parte de una parábola (figura 2a). También es necesario, según las condiciones señaladas en el enunciado, que esa unión se realice en forma “suave” (libre de picos, figura 2b).

El recurso al sistema semiótico de la representación gráfica permitirá guiar las acciones en el sistema de las representaciones algebraicas, la unión “suave” en $x = 1$, significa que:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{f(x+h) - f(x)}{h},$$

De donde,

$$a = 2b + 1$$

la continuidad de la función en $x = 1$, implica que $a = b + 2$. Resolviendo el sistema de ecuaciones, se tiene finalmente que **b** = 1, **a** = 3 (figura 3, derecha).

Así, al interpretar el enunciado en el sistema semiótico de la representación gráfica es posible representar geoméricamente las condiciones del problema y encontrar su solución en el sistema semiótico de las representaciones algebraicas.

La historia de la matemática en el contexto de la enseñanza

Veamos otro ejemplo relacionado con la historia de las matemáticas. El rigor formal de las matemáticas es pro-

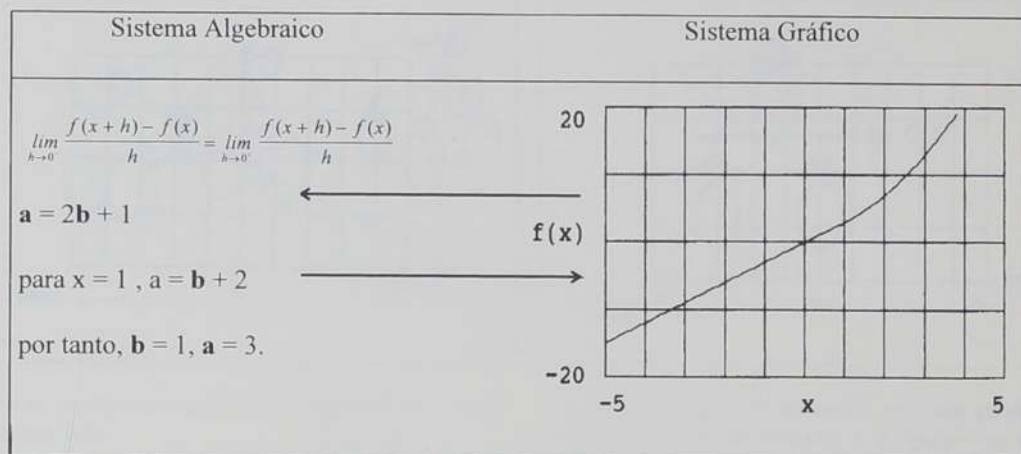


Figura 3.

ducto de la necesidad de construir una disciplina libre de contradicciones; así, por ejemplo, una definición de límite como la de Duhamel⁹: "Se dice límite de una cantidad variable, a una cantidad fija, a la cual (aquella) se aproxima indefinidamente", no podía mantenerse por mucho tiempo dado que era imprecisa, incluso errónea ya que, por ejemplo, la sucesión $\{1/n\}$ se acerca cada vez más a -1 en tanto n crece; y, sin embargo, -1 no es su límite. Pero en este proceso de formalización de las matemáticas, si bien se pudieron precisar las ideas y conceptos, también se perdieron ideas intuitivas, definiciones informales, representaciones figurales y gráficas de los conceptos matemáticos. Finalmente, se llegó a la definición actual de límite:

El número L se llama límite de la sucesión $u_1, u_2, u_3, \dots$, escrito $\lim u_n$, si para cada

$$\varepsilon > 0, \exists N \in \mathbb{N} \ni n > N \Rightarrow |u_n - L| < \varepsilon.$$

¿Qué imagen conceptual puede desarrollar el alumno a partir de esta definición?

Conocemos las dificultades de utilizar una definición como la anterior y realizar una enseñanza formal sin apoyos suficientes en la lengua natural y las representaciones gráficas. Para vencerlas el profesor de matemáticas, sobre todo en la enseñanza media, está obligado a utilizar definiciones y representaciones "intuitivas", que permitan al estudiante construir una ima-

gen conceptual adecuada para el aprendizaje de la noción de límite. Por ejemplo, la definición de Serret¹⁰ podría ser útil en este caso: "En tanto los valores sucesivos de una variable x se acercan más y más al valor de una constante a , de manera que el valor absoluto de la diferencia $x - a$ pueda llegar y permanecer constantemente inferior a una cantidad cualquiera, se dice que la variable x tiene por límite a la constante a . Es necesario hacer notar que la variable puede ser inferior o superior a su límite; puede llegar a suceder que ella sea tanto menor o mayor que el límite".

Se podría objetar que la definición de Serret está escrita en un lenguaje informal y que no utiliza explícitamente cuantificadores, que utiliza el concepto de variable y no el de sucesión, que con esta presentación se pierde rigor al tratar una variable como una sucesión de valores, ...; sin embargo, dado el fracaso de los alumnos y profesores de matemáticas de enseñanza media para construir una imagen conceptual adecuada del concepto de límite, que sea útil al resolver problemas, es necesario buscar y recurrir a otro tipo de definiciones informales. Ello con el propósito de construir una imagen conceptual que promueva la articulación de diferentes registros de representación semiótica (lenguaje natural, gráficas, etc.) y, posteriormente, si es necesario y dependiendo del nivel de los estudiantes, dar paso a una definición concisa y formal, como la presentada anteriormente, que incluya cuantificadores.

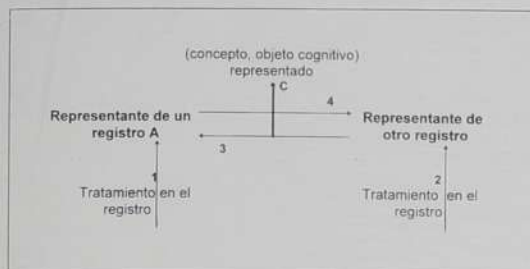


Figura 4

Comentarios finales

En relación a la problemática aquí planteada, Duval⁵ en su trabajo de 1995 sobre las relaciones entre representación y conocimiento, señala: "... estamos entonces en presencia de lo que se podría llamar la paradoja cognitiva del pensamiento matemático: por un lado, **la aprehensión** de los objetos matemáticos no puede ser otra cosa que una aprehensión conceptual y, por otro lado, solamente por medio de las representaciones semióticas es posible una actividad sobre los objetos matemáticos". Según el modelo de Duval (Figura 4), para evitar que el alumno confunda el objeto matemático con sus representaciones, es necesario que enfrente y realice tareas de transformación y de conversión de representaciones entre al menos dos sistemas semióticos de representación⁶.

Bajo este punto de vista, la idea de explorar cómo se logra en los alumnos la articulación entre diferentes sistemas semióticos de representación ha cobrado fuerza y abre perspectivas para la investigación en la enseñanza de las matemáticas. En particular, uno de los objetivos de la enseñanza en el nivel medio superior es que los alumnos logren tener un buen conocimiento de las distintas formas de representar una función, por ejemplo, que reconozcan las curvas que representen polinomios, funciones trigonométricas, exponenciales, elementales, ...; no obstante, es tradicional que los profesores de matemáticas enfatizan sobre todo en tareas de conversión del sistema algebraico al gráfico, dejando de lado la conversión inversa, es decir, el paso de una representación gráfica a una expresión algebraica, que aunque sea más difícil es de suma importancia; así, los profesores olvidan que para promover el aprendizaje de las funciones es necesario lograr la articulación entre sus representaciones en diferentes sistemas semióticos⁶ (figura 5), lo que su-

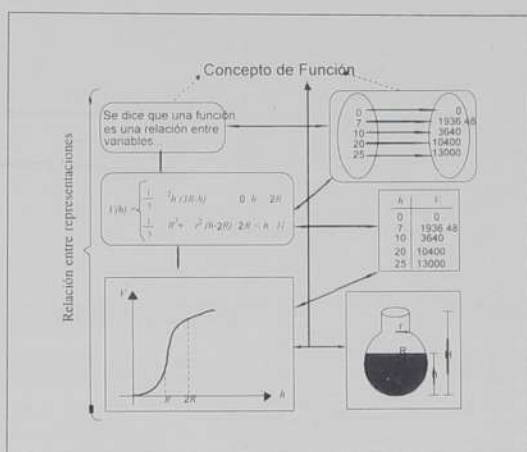


Figura 5

pone su conversión en lo diferentes sentidos que pueden presentarse.

Podemos decir, a modo de conclusión, que el conocimiento de un concepto es estable en un alumno, si éste es capaz de articular sin contradicciones diferentes representaciones del mismo, así como de recurrir a ellas en forma espontánea durante la resolución de problemas. Recordemos que muchas veces es el cambio de una forma de representación a otra lo que da la clave y es esencial en la resolución de un problema.

Notas

1. S. Vinner, *Int. J. Math. Educ. Sci. and Tech.* **14**, 293 (1983).
2. J. Adda, *Elementos de Didáctica de las Matemáticas* (Departamento de Matemática Educativa, Cinvestav 1987).
3. C. Janvier, "Representation and Understanding: The Notion of Function as an Example", C. Janvier, ed., *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics* (Lawrence Erlbaum Associates, 1987) p. 67.
4. J. Kaput, "Notations and Representations", en E. Von Glasersfeld, ed., *Radical Constructivism in Mathematics Education* (Kluwer Academic Publ. 1991) p. 53.
5. R. Duval, *Sémiosis et pensée humaine: Registres*

sémiotiques et apprentissage intellectuels (Peter Lang, Suiza, 1995).

6. F. Hitt, "Sistemas semióticos de representación del concepto de función y su relación con problemas epistemológicos y didácticos", en *Investigaciones en Matemática Educativa*, F. Hitt, ed. (Grupo Editorial Iberoamérica, 1996).

7. J. Selden, A. Mason y A. Selden, *J. of Math. Behavior* **8**, 45, 1989; traducción en *Antología en Educación Matemática*, Sánchez, Cambray y Zubieta, eds. (Cinvestav, 1992).

8. F. Hitt, Résolution des problèmes non-routiniers et utilisation des nouvelles technologies, *Proc. CIEAEM*, (Berlín, 1995) p. 283.

9. G. Glaeser, "La transmission des connaissances mathématiques hier, aujourd'hui, demain", *L'Enseignement Mathématique (Revue Internationale)*, serie II, Tomo XVIII, fascículo 3-4 (1972).

10. J.A. Serret, *Cours de Calcul Différentiel et Intégral* (Gauthier-Villars, París, 1894).



La frecuencia de la desnutrición y sus factores socio económicos en Yucatán

Gilberto Balam Pereira

Introducción

A causa de la globalización de la economía y de la crisis de los países en desarrollo, la desnutrición infantil es uno de los parámetros que pueden medir el grado de pobreza que alcanzan estos países. En México, y particularmente en Yucatán, son muchas las instancias preocupadas por intervenir en el problema, mediante la investigación, la organización y la acción entre los grupos más empobrecidos. Como ocurre con el paciente atendido por el médico, primero hacemos el diagnóstico y, en nuestro caso, establecemos la frecuencia y magnitud del problema. Luego estamos limitados a dar calmantes o tranquilizantes.

Pero esto no basta. Hay que llegar a las causas de nuestro problema para incidir en ellas, pues de lo contrario sólo estaremos dando paliativos o tratamiento sintomático que actúan sobre los efectos, cuando que lo que se requiere es intervenir en las causas. Y es sabido que las causas de la desnutrición son eminentemente socioeconómicas; es una de las enfermedades de la pobreza.

Objetivo

En lo personal, y desde mi incorporación al Cinvestav, no sólo me he preocupado por medir la magnitud, frecuencia y distribución de la desnutrición infantil en el Estado de manera transversal, sino también a través de distintas épocas, desde 1959, o sea desde hace 37

El Dr. Gilberto Balam Pereira es investigador titular de la Sección de Ecología Humana de la Unidad Mérida del Cinvestav. Este trabajo se presentó el Día Mundial de la Salud en la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Yucatán, en Mérida, Yuc., el 17 de octubre de 1996.



años; a partir de entonces, hemos monitoreado los cambios de este problema que se dan en el tiempo. Por nuestra parte, lo que nos corresponde: la investigación y la difusión de resultados.

Material y métodos

Hemos dispuesto de información y archivos del Instituto Nacional Indigenista (INI), del Instituto Nacional de la Nutrición (INN) y de la Unidad Mérida del Cinvestav que parten de 1959 hasta 1996. En los últimos tres años permanecemos durante largas temporadas de trabajo en comunidades rurales del Estado de Yucatán a fin de sostener continuas entrevistas a nivel familiar, con líderes naturales, maestros y alumnos, así como para obtener indicadores antropométricos y socio-económicos vinculados con la desnutrición. Igualmente se revisaron los archivos del Gobierno del Estado, cuyos informes han sido de incalculable valor para nuestro trabajo.

Las entrevistas familiares nos proporcionaron el patrón dietético familiar e individual mediante interrogatorios sobre la preparación semanal de alimentos, consumos durante las últimas 24 horas y adquisición semanal de los mismos. Las mediciones antropométricas de peso, talla, perímetro braquial y pliegue tricipital se hicieron con el rigor de las normas internacionales y se usó el patrón internacional del National Center for Health Statistics¹ para clasificar la desnutrición. El procedimiento estadístico se basó en un modelo de frecuencias y la selección de las familias se hizo mediante muestreo estratificado². Se seleccionaron también 25 variables socioeconómicas y ambientales para conocer aquellas que tienen mayor fuerza de asociación con la desnutrición y los daños a la salud; para ello se aplicaron análisis de discriminancia, así como técnicas de sistemas de información geográfica (MAPINFO-SPSS) y técnicas de percepción remota de satélite, con la colaboración de la Universidad de Indiana. Esta última información se encuentra en proceso de sistematización.



zación. En total se entrevistaron 427 familias campesinas, se tomaron indicadores antropométricos de 370 adultos femeninos y 223 adultos masculinos, 7,863 menores de 5 años y 6,322 escolares de 5 a 14 años. Estos últimos datos nos han servido a su vez para disponer del patrón regional de pesos y

tallas para niños, ya que los patrones internacionales no se apegan a lo real. Finalmente, para conocer los indicadores de morbilidad y mortalidad se revisaron los registros civiles de los municipios, de los consultorios rurales y de las hoy desaparecidas unidades médicas móviles del INI.

Tabla 1. Consumo diario individual de alimentos en comunidades milperas de Yucatán, 1959-1980-1996.

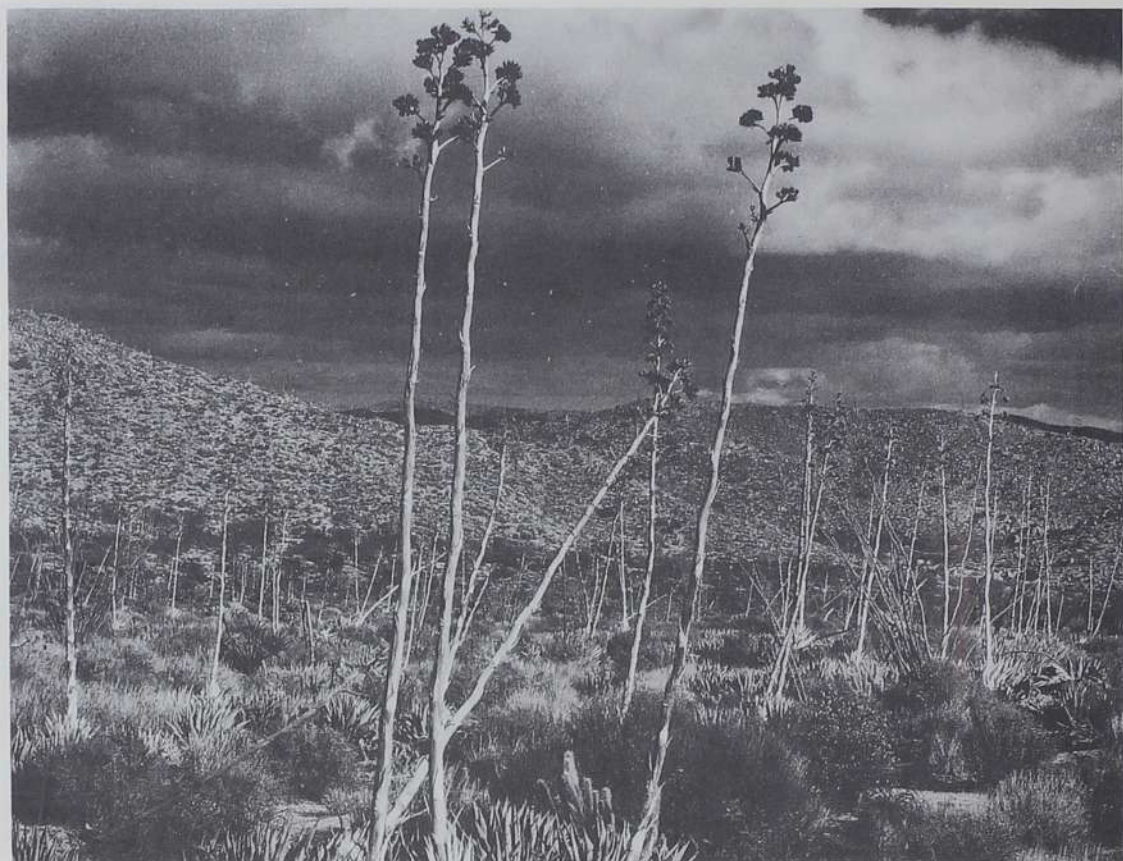
Alimento gr.	Consumo diario indiv. 1959	Consumo diario indiv. 1980	Consumo diario indiv. 1996
Cereales	419 **	540 *	420 **
Refresco embotellado	-	79	162
Frijol	55	67	102
Pan	25	-	56
Carne	40	43	35
Huevo	2	22	29
Fruta y verduras	7	19	13
Leche	-	4	***
Frituras en celotán	-	-	4

* Incluye pan y pastas.

** Incluye sólo tortillas.

*** Se calculó sólo en niños.

Fuente: Encuestas INNSZ, Cinvestav U. Mérida.



Resultados

El cuadro básico de alimentación ha cambiado poco desde 1959 (tabla 1). Aunque el cálculo de las calorías y proteínas aporta déficits y diferencias en los años indicados, éstas últimas no resultan significativas según la prueba de chiquadrada. Sin embargo, las consecuencias de la deficiencia de proteínas se reflejan en las fre-

cuencias de desnutrición en la edad preescolar, la más sensible. Es de observarse que en el lapso de 37 años hay una ostensible baja, del 93.5 al 63.4%, de desnutrición infantil, que estadísticamente resulta altamente significativa (tabla 2). El perímetro braquial en estos niños nos indica desnutrición calórico proteica, pero la alta variación de valores observados nos señala baja frecuencia de desnutrición y no se correlaciona con el

Tabla 2. Porcentaje de tipos de desnutrición en niños de 1 a 4 años. Comunidades milperas de Yucatán 1959-1980-1996.

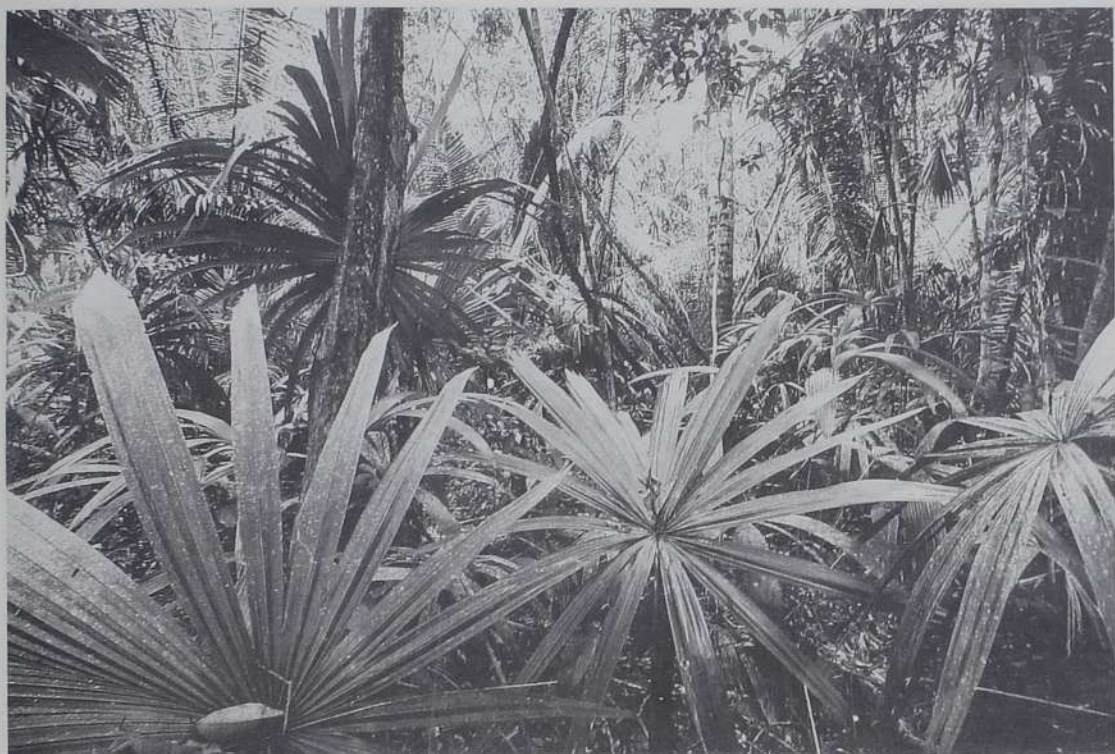
Año	Aguda	Crónica	Ag. y cron.	Total	Número
1959	22.7	41.3	29.5	93.5	85
1980	20.7	64.5	6.6	91.8	121
1996	18.4	30.8	14.2	63.4	145

Desnut. aguda: ≤ -1 desv. est. del peso ideal (NCHS).

Desnut. crónica ≤ -2 desv. est. del peso ideal (NCHS).

$\chi^2 = 42.5$, significativa a $p = 0.001$. 1980. Encuesta Cinvestav 1996.

Fuente: Encuesta INNSZ 1959.



peso y la talla. En los años de 1980 y 1996 no encontramos variaciones significativas en el tiempo aunque hay que anotar que a partir de los 18 años las mujeres comienzan a acumular tejido graso, lo que ubica a las campesinas yucatecas en la categoría de las obesas según el patrón internacional, y decir obesidad es hablar de malnutrición.

Factores socioeconómicos y ambientales

Entre los factores socioeconómicos y ambientales que se asocian con mayor intensidad a la desnutrición están, por orden de prioridad, la diversificación agrícola, la vivienda en malas condiciones, la tenencia de la tierra, el salario, la educación y el monolin-

Tabla 3. Análisis de discriminancia.

Variables por orden de importancia de asociación	Wilk's lambda	Valores rao	Significancia
Diversificación de la producción	.38847	160.56705	<.00001
Vivienda sin drenaje	.21137	246.36272	<.00001
Tenencia de la tierra	.15913	311.36272	<.00001
Educación	.12286	356.34343	<.00001
Salario mínimo	.10253	402.30032	<.00001
Vivienda piso tierra	.09595	417.39688	<.00001
Vivienda material de desecho	.09254	424.50684	<.00001
Monolingüismo	.08939	432.17175	<.00001

Fuente: INEGI, Encuesta Cinvestav sobre diversificación de la producción 1995.



güismo, entre 25 variables independientes elegidas previamente (tabla 3). A continuación podemos ver algunos cambios que se dan en la diversificación de la producción desde 1974, que según nuestros resultados tienen prioridad sobre sus efectos en la malnutrición.

En la (tabla 4) vemos que ante la crisis el 24.7% de los milperos está buscando estrategias para su sobrevivencia, porque en su opinión los programas oficiales nunca van al fondo del problema y no atacan las causas de la desnutrición, sino que sólo dan paliativos

a sus efectos. En la tabla 5 se observa que uno de los factores ambientales más importantes es el que se refiere a los cambios en la edad del monte utilizado para milpa que se reflejan en el rendimiento del suelo. En 1988 la edad del monte que usaban los campesinos era de 12 a 18 años, con rendimientos de poco más de una tonelada de maíz. En 1996 los campesinos están sembrando en montes con sólo 4 a 6 años y si llueve a tiempo obtienen sólo de 325 a 650 kg de maíz por hectárea (tabla 5). En la tabla 6 se ve el desarrollo del cultivo de maíz. Desde 1986 el promedio de hectáreas

Tabla 4. Número de ejidatarios de la zona y número de encuestados.

Localidad	Número de ejidatarios	Número de milperos encuesta	Número de mixtos milperos y fruticultores encuesta
Cantamayec	302	14	9
Cholul	90	5	-
Chumayel	380	19	9
Mayapán	240	10	5
Sotuta	409	18	6
Tahdziichén	160	10	5
Tahdziichén	182	13	6
Total	1763	89	22 (24 %)

Fuente: Censo de ejidatarios con derechos agrarios registrados en la esfera oficial. Comisariados locales. Un número no determinado cultiva el ejido por decisión de la comunidad.



sembradas es de 120,000 con rendimiento de alrededor de una tonelada de maíz, según datos oficiales, en tanto que en la encuesta hecha a 111 milperos se obtuvo un promedio actual de rendimiento de sólo 487 kg. por hectárea. Ante una situación desesperada de pobreza, el campesino se ve orillado a hacer producir las piedras, el solar y los *kanchés* (hortalizas en alto). En la tabla 7, se observa que el 38.4% está aprovechando sus patios como huertos familiares múltiples. Como información adicional en la tabla 8 vemos que las hectáreas citrícolas cultivadas se incrementaron pero no así su rendimiento. En las tablas 9 y 10 se presentan los recursos naturales que cultiva el ejidatario como otra alternativa para su subsistencia económica.

Comentarios finales

Podríamos comentar los datos de las tablas que hemos

presentado, pero son tan obvios que no ofrecen dudas. Prefiero comentar algunas opiniones de otros autores sobre la pobreza en Yucatán. Por ejemplo, el INEGI³ acaba de declarar que la mortalidad infantil en las zonas indígenas del Estado es de 51 por mil. En nuestra encuesta obtuvimos el 45.3 por mil, que es una tasa también alta. El DIF⁴ declaró hace poco que en México 21.5 millones de niños viven en la pobreza y que la desnutrición en comunidades no indígenas oscila entre el 35 y el 50%, pero que en las zonas indígenas asciende a una tasa del 70 al 80%. Por su parte, el Banco Mundial⁵ asegura que "no bajará la pobreza extrema en México porque no hay apoyo del gobierno para que las comunidades indígenas tengan una vida digna. Tampoco existen recursos para capitalizar el campo. Después del Pronasol, que fue un ardid político, no se ha puesto en marcha ningún programa de apoyo a la producción, únicamente paliativos" (sic). La Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras de Productores del Campo declaró a Notimex⁶ que "en los últimos 18 meses el consumo de alimentos básicos disminuyó en 29% como resultado de las alzas de precios del 70 al 240% y de la contracción del poder adquisitivo del 29%". La Dirección del Servicio Nacional de Información de Mercados⁷ dice que "en los últimos cuatro años el precio del huevo de plato aumentó 163%, lo que ha propiciado que ese alimento salga de la dieta de muchos yucatecos". Por otra parte, a principios de octubre los abastecedores elevaron el precio de la carne de 24 a 26 pesos el kilogramo y 50 ¢ el kilo de pollo con lo que se espera una disminución del 20% del consumo de esta ave⁸. En general, la evolución del índice de precios al consumidor en Mérida muestra un aumento de 77% en los dos últimos años. En su reciente reunión anual, la Concamín recomendó al gobierno⁹ fortalecer el sector agrícola a fin de lograr la autosuficiencia alimentaria y sustentar así el proceso de industrialización. La FAO¹⁰ recomienda también que "nuestro gobierno debe inter-

**Tabla 5. Cambios en la edad del monte utilizado para milpa
Variación en el rendimiento del suelo (&).**

Años del monte 1988 *	Años del monte 1996	Rendim. kg. por ha 1987 *	Rendim. kg. por ha 1995 Ç
12-18	4-6	975-1300	325-650

& El cálculo de kg fue en base a la unidad "almud" (3.25 kg. por unidad).

* Antes del huracán Gilberto.

Ç Antes del huracán Rosana.

Fuente: Encuesta Cinvestav 1996.

Tabla 6. Desarrollo del cultivo de maíz.

1986		1993	
Has. sembradas	Tons. cosechadas	Has. sembradas	Tons. cosechadas
84,196	116,400	147,056	25,737
Rendimiento			
632 kg/ha		855 kg/ha	
Rendimiento, informe oficial		Rendimiento, informe de 111 milperos	
1974 *	1993 *	1994	1995 **
promedio anual		promedio anual	
876 kg/ha	850 kg/ha	487 kg/ha	

Fuente: * Informes anuales del Gobierno de Yucatán 1975-1994.

** Encuesta Cinvestav 1996.

Tabla 7. Estrategias de diversificación de la producción milpera Zona Centro Maya de Yucatán.

Ejidatarios milperos con parcela frutícola de riego %								Huertos familiares	
Con parcela		En producción		Improductivas		Producción anual de naranja *		De subsistencia**	
n	%	n	%	n	%	pzas.		n	%
22	24.7	16	72.7	6	27.3	4,000		43	38.4

* Un 85 % de la producción es destinada al mercado regional.

** La producción es mínima y la parte destinada a la venta es irrelevante.

Tabla 8. Desarrollo de la producción citrícola. Yucatán 1995.

1988	1995	1988	1995
Has. cultivadas	Has. cultivadas	Tons. cosechadas	Tons. cosechadas
10,000	19,650	73,944	156,287

Fuente: Informes del Gobierno del Estado. 1989 - 1996.

Tabla 9. Recursos naturales del solar correspondientes a 112 hogares con plantas y frutos comestibles.

Hogares %	Cítricos 6 a 8 plantas	Chaya 2 a 4 plantas	Huaya 1 a 7 plantas	Ciruella 2 a 6 plantas	Zapote 1 a 2 plantas	Maíz 2 a 3 mecates *
	86.3	79.3	68.6	59.8	36.4	12.0

* Un mecate equivale a 400 m².

Fuente: Encuesta Cinvestav 1996.

Tabla 10. Recursos naturales del solar % de 112 hogares con animales.

Hogares %	Gallinas 4 a 16	Pavos 2 a 9	Cerdos 2 a 7	Patos 2 a 6	Caballos 1 a 2	Reses 1 a 2
	91.3	72.3	72.3	27.4	72.2	11.5

Fuente: Encuesta Cinvestav 1996.



venir más en la producción de alimentos". Por eso no podemos congratularnos de que el IMSS en Mérida¹¹ asegure que "ya se recuperaron los empleos perdidos por la crisis, un aumento del 4%", toda vez que los rubros que aumentaron fueron los de servicios y de comercio, en tanto que en el primer semestre del año, en la agricultura, la ganadería y la silvicultura se redujeron de 17 a 16 mil. Y ya sabemos que en los últimos años las sequías han diezmado más del 50% de los cultivos. Lamentablemente la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural en el Estado advierte¹² que los campesinos que pierden sus cosechas tendrán que buscar empleo en otra parte. Con respecto a la inversión foránea ésta ha tenido una caída del 72.4% y según la Secofi local¹³ los rubros principales de esta inversión se dieron en instituciones financieras, restaurantes, hoteles y comercio, es decir, actividades no productivas y que además no requieren mucha mano de obra. Otra reciente noticia que nos conmovió¹⁴ es que en el presente ciclo escolar no se crearán más plazas para maestros, lo que redundará negativamente en las condiciones del magisterio, el sector sindical más grande de Latinoamérica, así como en el desarrollo de la educación. Como colofón, quiero señalar que el gremio economista se halla molesto por la forma en que el

Ejecutivo Federal califica sus críticas, y rechaza cualquier plan que no coincida con el oficial. Los economistas dicen que los presidentes neoliberales, desde de la Madrid para acá no escuchan y señalan: "no hay más que un solo camino, el nuestro"¹⁵. Pero su camino es el que le trazan los organismos financieros internacionales. Y con el programa económico oficial nunca se va a proporcionar bienestar para la familia. Para terminar: el investigador japonés Mitsuhiro Kagami¹⁶ advirtió que "México debe cambiar su modelo neoliberal, pues de lo contrario seguirá aumentando la desigualdad social, no se fomentará el ahorro interno y la educación caerá a bajos niveles, hay que separar la brecha entre ricos y pobres. El gobierno debe fomentar la producción y mejorar las condiciones de los trabajadores". Por mi parte yo digo: la gente quiere sentir en su bolsa la recuperación.



Notas

1. National Center for Health Statistics, Growth Charts. H.R.A. 76-1120,25,3 (US Department of Health Resources Administration, 1976).

2. R. Sheaffer, W. Mendenhall, L. Ott, *Elementos de muestreo* (Grupo Editorial Iberoamérica, México, 1986) p. 321.

3. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Informe 1996, *Diario de Yucatán*, 10/09/96.

4. Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), *El Universal*, 30/09/96.

5. Banco Mundial para América Latina y el Caribe, *El Economista*, 7/10/96.

6. Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras de Productos del Campo, *El Universal*, noviembre de 1996.

7. Dirección del Servicio Nacional de Información de Mercados, *Diario de Yucatán* (1996).

8. A. Címé, Cámara de Comercio en Pequeño, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

9. Concamín, Reunión Anual, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

10. A. Schejtman, foro "Situación Alimentaria en México y en el Mundo", Colegio Nacional de Economistas-FAO, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

11. A.M. Zavala, IMSS, *Diario de Yucatán*, 10 de octubre de 1996.

12. P.N. Peniche, SAGDER, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

13. SECOFI, Delegación Estatal, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

14. E. S. Medina, *Diario de Yucatán*, octubre de 1996.

15. E. Zedillo, entrevista en *Nexos*, TV Azteca 29/09/96.

16. K. Mitsuhiro, *El Universal* 5/10/96.

Un nuevo currículo de ciencias para Preparatoria

Leon M. Lederman

Los estudios de física a nivel de preparatoria en la mayoría de las escuelas americanas son un desastre, y este hecho es ampliamente conocido y aceptado pasivamente por la comunidad de los físicos. La física es enseñada casi universalmente como la última materia en la secuencia de las ciencias. Se le considera como un tema duro, difícil, que sólo es comprendido por los *nerds* - y, en dado caso, solamente por los *nerds* masculinos (¿existe otra clase de *nerds*?).

Menos del 25% de los estudiantes de secundaria se atreven a estudiar física en la preparatoria. Esta circunstancia impone tres tipos de deficiencias: la física pierde un número precioso de reclutas potencialmente dotados; el resto de las ciencias dejan de tener la posibilidad de contar con estudiantes con bases sólidas de conocimientos de física; y la sociedad pierde ciudadanos con habilidad de pensamiento crítico. Un buen curso de física puede eliminar estas deficiencias.

En más del 95% de nuestras escuelas secundarias la secuencia estándar que se lleva a cabo para hacer estudios de ciencias es la siguiente: primeramente biología, seguida posiblemente por algún tipo de materias relacionadas con ciencias de la tierra, después química y, finalmente, para los sobrevivientes más tenaces, física. La lógica de este orden, que se instaló aparentemente hace unos 100 años, parece que es la de llevar un orden alfabético.¹ (Para ser justo, para estudiar física se requieren las matemáticas, que en la preparatoria se da en los primeros años).

El Dr. Leon M. Lederman, profesor del Instituto Tecnológico de Illinois en Chicago y director emérito del Fermilab, obtuvo el Premio Nobel en Física en 1988 por la determinación de dos especies de neutrinos. La versión en inglés de este artículo fue publicada en *Physics Today* (abril de 1995). Traducción de Gloria Novoa de Vitagliano.



Se han hecho varios intentos por cambiar esta situación. Por acá y por allá se ha tratado de revisar este orden en los sistemas escolares para sustituirlo por el siguiente: primero física, luego química y después biología - que es el orden más usual en las escuelas preparatorias europeas y asiáticas. Aunque yo no conozco todos estos intentos hechos en los Estados Unidos, la Escuela P. K. Yonge Lab, conjuntamente con la Universidad de Florida, ha estado impartiendo conocimientos de ciencias en el orden correcto desde 1967.

En la Academia de Matemáticas y Ciencias de Illinois, en Aurora, (una escuela pública con estudiantes internos), se enseñan física y química primero, y después biología. Esa institución está experimentando también con ciencia integrada, como es el caso de la Escuela Casa Roble, en Orangevale, California, y seguramente de muchas otras escuelas. El programa de la Asociación Nacional de Maestros de Ciencias, articulado por Bill Aldridge, tiene un proyecto denominado *Scope, Sequences and Coordination of Secondary School Science* (Propósito, Secuencias y Coordinación de la Ciencia en la Escuela Secundaria). Este proyecto se basa en los resultados cognoscitivos de los años 1950 a 1970 e incluye conceptos básicos en altos niveles sucesivos de abstracción. En él también se hace énfasis en impartir las materias en un orden lógico y en hacer más laxos los límites disciplinarios. Entre los impulsores del programa *Scope, Sequences and Coordination* se incluyen físicos como Robert Carplus, Arnold Arens y Lillian

McDermott. Durante los últimos años, la Academia de Matemáticas y Ciencia de Chicago, (Teachers Academy for Math and Science in Chicago) para estimular el análisis entre los educadores, ha fortalecido la idea de una pirámide de las ciencias en la cual la física provee los fundamentos para el conocimiento de la estructura química y las reacciones atómicas, y la química proporciona el conocimiento de la estructura molecular que es la base de gran parte de la biología moderna. A pesar de estos intentos heroicos, el progreso en cambiar la ciencia a nivel de preparatoria ha sido glacialmente lento.

Algo dramático flota ahora en el viento, que puede derretir el glaciar y dar una esperanza de progreso acelerado más allá del optimismo usual de los físicos. Los directivos de algunas escuelas en Nueva York y Chicago anunciaron recientemente sus intenciones de establecer un programa de tres años de ciencias y matemáticas para todos los estudiantes. Cuando todas estas materias sean tomadas como requisitos, lo que antes era puramente lógico se convierte ahora en una posibilidad asombrosa: una secuencia *integrada* de tres años de ciencias para todos los estudiantes (la relación entre el trabajo, la escuela, las ciencias). En esta secuencia, en todos los cursos de ciencias se fortalecerían los principios generales, algunos desarrollos históricos y aplicaciones relevantes; estos cursos se basarían en el conocimiento a partir de resolución de dudas, investigaciones y estudios de laboratorio. Se

podrían incluir aplicaciones a la tecnología y a ejemplos intrínsecamente interdisciplinarios de ecología, ciencias de la tierra y del espacio y de asuntos referentes a la ciencia y la sociedad.

En la secuencia lógica de la ciencia, la física del noveno año tendría que ser ampliamente conceptual, basada en lo que pudiera ser un nivel razonable de álgebra de octavo grado. Sin embargo, sería realmente un curso de física, no un curso de revisión ni de "apreciación de la física". El curso estaría diseñado para hacer pasar a los estudiantes a su siguiente experiencia en ciencia - química, con una noción de la estructura de los átomos. Podrían impartirse algunos principios generales, como el de la conservación de la energía y conceptos como periodicidad, probabilidad, etc., en la expectativa de que estos principios fueran ulteriormente desarrollados en los cursos de química y de biología. El curso de química comenzaría con el estudio de la formación de moléculas. Materiales, reacciones y estructuras serían tratados en el nivel atómico. Con los estudiantes que al ingresar tuvieran conocimientos en física, los cursos de química (y biología) podrían ir mucho más adelante o en forma más profunda. El curso de química, a su vez, podría estar diseñado para preparar estudiantes para llevar el curso de biología. La biología sería tratada con alumnos con conocimientos de estructura molecular, para estudiar células, genes, DNA, sistemas inmunológicos, sistemas nerviosos y mecanismos biológicos.

Si se lleva a cabo el programa de tres años de ciencia, el curso de física del noveno año tendría que ser constructivista, motivacional, con un fuerte contexto social, y serviría para *todos* los estudiantes: futuros mecánicos automotrices, abogados, científicos expertos en computación etc. El propio Hewitt arguye elocuentemente que el fortalecimiento de los conceptos y las habilidades de pensamiento asociado son esenciales en todas las clases de física. Esta idea de la física conceptual tiene aplicación igualmente para los estudiantes avanzados de física (*physics majors*).

Pero la enseñanza de la física conceptual no es sencilla. Para poder transmitir el entendimiento real, el profesor no puede esconderse detrás de la solución del problema. Tal vez se sentiría como ir andando en bicicleta sin usar las manos. Sin embargo, como una parte del programa de tres años, la física conceptual podría

dar recompensas sustanciales a la física: le podría proporcionar un número de estudiantes casi cuatro veces mayor que el número de alumnos que ahora la estudian en la preparatoria. Como si se estuviera tratando de buscar pepitas de oro en la arena, la física conceptual bien enseñada podría descubrir estudiantes que se hubieran podido inscribir en escuelas de derecho o cualquier cosa peor, si esto fuera imaginable. Entre los libros de texto que se encuentran actualmente a disposición para enseñar física conceptual, se encuentra el clásico *Conceptual Physics* (séptima edición, Harper Collins, 1993) así como *Physics: a World View*, por Larry Kirkpatrick y Gerald Wheeler de Montana State University (segunda edición, Saunders, 1995) y un nuevo libro de Art Hobson de la Universidad de Arkansas, *Physics, Concepts and Connections* (Prentice Hall, 1995). Un ambicioso programa de capacitación para profesores en física conceptual está siendo diseñado por Rich Olenick de la Universidad de Dallas.

Es una tarea enorme desarrollar un currículo de tres años que pueda ser adoptado fácilmente por las escuelas. No sólo debe diseñarse el currículo en sí, sino que tendrá que acompañarse de un programa que pueda ayudar a administradores y profesores a adaptarse a las necesidades de sus propias comunidades y se deberá entrenar a muchos profesores a enseñar con un nuevo paradigma.

Un grupo de hombres de ciencia (entre los cuales me incluyo) y profesores con base en Fermilab, en la Academia de Matemáticas y Ciencia de Illinois y en la Academia de Profesores de Matemáticas y Ciencia, ha comenzado a analizar los beneficios y los problemas de crear un nuevo currículo de tres años de ciencias. Este programa contempla la necesidad de utilizar nuevos libros, nuevas pruebas de estandarización (*standardized tests*) y nueva capacitación para profesores. Nuestro objetivo es empezar a diseñar una secuencia que no es la de física, química y biología, sino de ciencias I, II y III. Esta secuencia se deberá ajustar a estándares ampliamente aceptados sobre lo que los niños deben aprender en las diversas etapas de su experiencia educativa. Los puntos de referencia de la American Association for the Advancement of Science (AAAS), desarrollados como parte del Proyecto 2061 de la asociación, se han estado formulando durante una década. La National Academy of Science ha emitido ya algunos estándares para el aprendizaje y la asesoría

de la enseñanza de la ciencia, y la National Commission of Teachers of Mathematics elaboró hace algunos años pautas estándar para la enseñanza de las matemáticas.

Este grupo de hombres de ciencia y profesores está llevando a cabo estudios preliminares en Fermilab, con el estímulo de su director John Peoples, y también en la Academia de Matemáticas y Ciencia de Illinois, bajo la dirección de Stephanie Marshall, así como en la Academia para Matemáticas y Ciencias de Chicago, dirigida por Lourdes Monteagudo. Este grupo empezará por conducir un pequeño taller de profesores y hombres de ciencia para producir un bosquejo para un currículo de tres años, en el cual en el primer año, ciencia I, se estudia la física muy ampliamente, en el segundo año, ciencia II, se estudia química en forma extensa, y en el tercer año, ciencia III, se hacen estudios muy completos de biología. El bosquejo va a ser la base de una propuesta para elaborar un currículo y ayudar a las escuelas a iniciar programas piloto.

Si las instituciones de New York y de Chicago adoptan estos planes y rápidamente se incrementa el número de escuelas que adopten el programa de tres años de matemáticas y ciencia, podremos esperar un enorme aumento de ciudadanos y votantes letrados en ciencias. A mí me parece que esto tiene una gran importancia, si estamos preocupados por el futuro de la física y de la ciencia en general. Pero, si bien el prospecto de un aumento explosivo en entendimiento

de las ciencias hace que uno se entusiasme, surge también una pregunta escéptica, ¿dónde está es la trampa, cuál es el problema?

El problema es siempre el mismo: no contamos con los profesores que lleven a cabo el programa. No he estimado el número de profesores que serían necesarios, pero a nivel nacional debe ser de miles. Esa escasez implicaría que necesitamos algo así como un 1% de aumento de profesores en los EUA. Curiosamente, la presente crisis de jóvenes doctores ofrece una oportunidad para atraer hombres de ciencia altamente calificados hacia la profesión docente. Si trabajamos rápidamente, el desarrollo de un nuevo currículo serviría, *per se*, para acelerar el establecimiento de un programa de ciencias de tres años a nivel nacional.

Mientras yo escribía este artículo, el 21 de febrero de 1995, el Consejo Directivo de la Escuela de Chicago aprobó el plan para instrumentar el programa de tres años de matemáticas-ciencia para 1998.



Nota

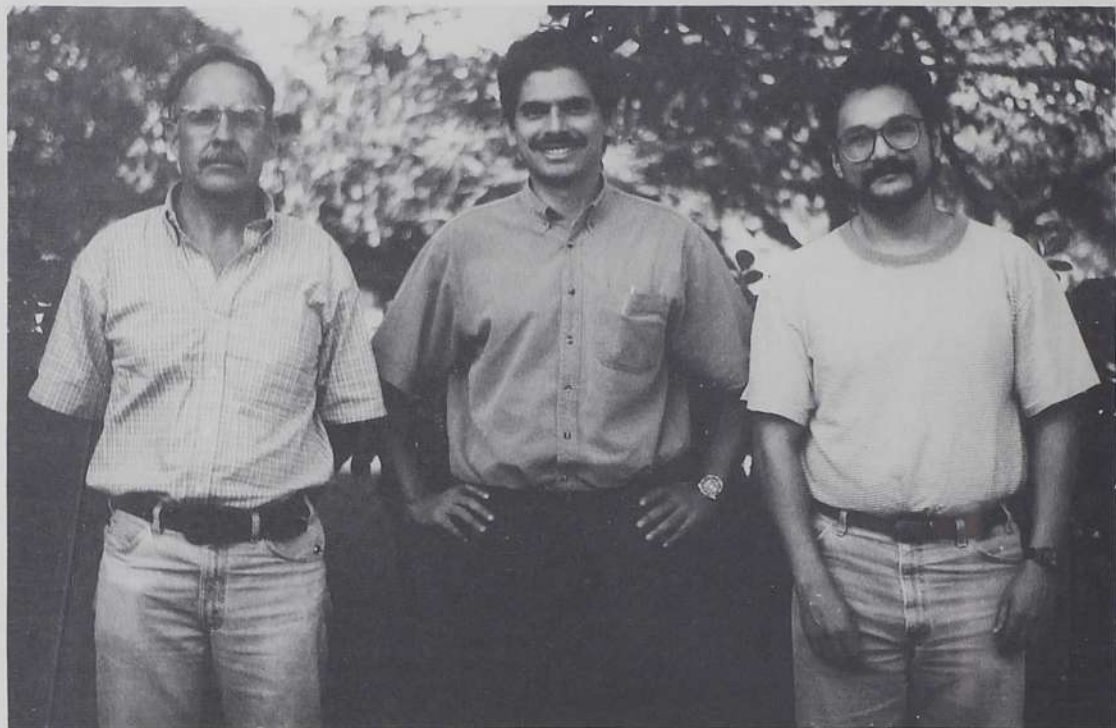
1. En inglés: biology, chemistry, physics (nota de la traductora).

Nombramientos en la Unidad Mérida

Con motivo de la toma de posesión del Dr. Gerardo Gold Bouchot como nuevo director de la Unidad Mérida del Cinvestav, se efectuaron las siguientes designaciones: el Dr. Rodrigo Huerta Quintanilla es el secretario académico de la Unidad, el Dr. Miguel A. Olvera Novoa es el nuevo jefe del Departamento de Recursos del Mar, y el Dr. José Mustre de León es el nuevo jefe del Departamento de Física Aplicada.

El Dr. R. Huerta Quintanilla es físico egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León y obtuvo sus grados de maestría y doctorado en el Departamento de Física del mismo Cinvestav. Hasta diciembre de 1996 ocupó el puesto de jefe de Departamento de Física Aplicada de esta Unidad. Su campo de investigación es la física teórica de altas energías. Es Investigador Nacional nivel II y ha dirigido dos tesis de doctorado, seis de maestría y una de licenciatura.

El Dr. Miguel A. Olvera Novoa, quien sustituye en el cargo al Dr. G. Gold Bouchot, es biólogo egresado de la UNAM y obtuvo su maestría y doctorado en ciencias marinas en el mismo Departamento de Recursos del Mar. Su área de estudio es el cultivo de organismos acuáticos, es especialista en nutrición acuícola; en especial le interesa la determinación de requerimientos nutricionales de especies cultivadas de interés comercial, así como la identificación y caracterización productiva de proteínas de origen vegetal para sustituir a la harina de pescado en dietas para peces y camarones. Tiene 15 artículos publicados en revistas de prestigio internacional, tres capítulos en libros especializados y es coautor de cuatro libros sobre nutrición acuícola. Ha dirigido nueve tesis de licenciatura y diez de maestría.



Dr. Miguel A. Olvera Novoa, Dr. Rodrigo Huerta y Dr. José Mustre de León.

El Dr. José Mustre de León, físico egresado de la Universidad Iberoamericana, obtuvo su doctorado en física en la Universidad de Washington en Seattle, EUA. Realizó estancias posdoctorales en la Universidad Hebrea de Israel y en el Laboratorio Nacional de Los Alamos en EUA. Su campo de investigación es la física teórica del estado sólido. Sobre este tema ha publicado 29 artículos originales de investigación, que han generado más de 900 citas en la literatura científica, y ha editado tres libros. En formación de recursos humanos, ha dirigido una tesis de maestría y una de doctorado.

Donativo de la Fundación Howard Hughes para Luis Herrera Estrella y Esther Orozco

La Fundación Howard Hughes de los EUA otorgó un donativo a siete investigadores mexicanos en el área biomédica. El apoyo otorgado a cada investigador consiste en un donativo de entre 50 mil y 80 mil dólares anuales por un periodo de cinco años. Los investigadores del Cinvestav que recibieron esta distinción son el Dr. Luis Herrera Estrella, investigador titular y jefe del Depar-

tamento de Ingeniería Genética de Plantas de la Unidad Irapuato, y la Dra. Esther Orozco, investigadora titular del Departamento de Patología Experimental.

Estos dos mismos investigadores recibieron un donativo similar por parte de la Fundación Howard Hughes en 1991. Los otros cinco investigadores que fueron distinguidos con este donativo en esta ocasión están adscritos a la UNAM y son los doctores Fernando López Casillas, Carlos Federico Arias, Carmen Clapp, Gerardo Gamba y Lourival D. Possani.

Cinco investigadores del Cinvestav son confirmados como investigadores eméritos del SNI

El pasado 28 de enero cinco investigadores del Cinvestav recibieron el nombramiento como investigadores eméritos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI): Dr. Jorge Cerbón Solórzano (Departamento de Bioquímica), Dr. Marcelino Cerejido, Dr. Jorge Aceves Ruiz y Dr. Pablo Rudomin (Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias), y Dr. Jerzy Plebański (Departamento de Física).

DEPARTAMENTO DE FISICA
CENTRO DE INVESTIGACION
Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
(CINVESTAV-IPN)

PROGRAMAS DE POSGRADO

MAESTRIA DOCTORADO
POSDOCTORADO

FISICA-MATEMATICA Y RELATIVIDAD
FISICA DEL ESTADO SOLIDO
FISICA DE PARTICULAS Y ALTAS ENERGIAS
FISICA ESTADISTICA
FISICA NUCLEAR

BECAS

● **Nacionales:**

Becas para todos los estudiantes admitidos a la maestría y al doctorado (inclusive a los no titulados)

● **Latinoamericanos:**

Informarse en las embajadas de México sobre el plan de becas Cuauhtémoc del CONACYT

Próximo examen de admisión:

Maestría: 3 y 4 de marzo; 2 y 3 de junio de 1997

Doctorado: Inscripciones abiertas todo el año

Cursos propedéuticos: marzo-junio y junio-agosto de 1997

Departamento de Física, CINVESTAV-IPN

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

Tels. y Fax: (52-5) 747 7096 (52-5) 747 7097

e-mail: admission@fis.cinvestav.mx

<http://www.fis.cinvestav.mx>

Guanajuato, August 13-20, 1997

Escuela Mexicana de Astrofísica Nuclear

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Jorge Hirsch
Alberto Carramiñana
Efraim R. Chávez L.
Juan Carlos D'Olivo
Peter Hess
Tonatiuh Matos
María Esther Ortiz
Dany Page
José Francisco Valdez
Arnulfo Zepeda

COURSES

Observational Astronomy, Luis Felipe Rodríguez (UNAM)
Physical Cosmology, D. Schramm (Chicago)
Nucleosynthesis, F.-K. Thielemann (Basel)
Supernova Physics, M. Guidry (ORNL)
Neutron Stars, M. Prakash (Stony Brook)
Massive Neutrinos, P. Vogel (Caltech)
Nuclear Astrophysics, M. Wiescher (Notre Dame)
Cosmic Rays, T. Gaisser (Bartol)
Topological defects, G. Senjanovic (ICTP)

Sponsors
Departamento de Física, CINVESTAV del IPN
Instituto de Astronomía, UNAM
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
Instituto de Física, UNAM
Instituto de Geofísica, UNAM
Instituto Nacional de Guanajuato
Universidad del Estado de Guanajuato
Gobierno del Estado de Guanajuato
Instituto Nacional de Física (INIF) (MEX)
Experimento Auger (MEX)
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
International Center for Theoretical Physics (ICTP), Trieste
Centro Latinoamericano de Física (CLAF)
American Physical Society (APS)

Organized by:

Division de Física Nuclear, Sociedad Mexicana de Física

Dead line for registration: June 15, 1997
Late registration fee (after March 31): US \$ 100.00

Information

Dr. Jorge Hirsch, Departamento de Física, CINVESTAV del IPN

Apartado Postal 14-740, 07050, México, D.F.

Tel. (52-5) 747 70 97

Fax: (52-5) 747 70 96

e-mail: astro@fis.cinvestav.mx

Internet: <http://www.astro.cinvestav.mx/sum-school/sum-school.html>

Capacitación en la comunicación escrita sobre asuntos biomédicos

Roberto Mendoza Zepeda y Blanca Badillo Dávila

Educar para prevenir

La población mexicana atraviesa por un proceso de cambio demográfico y epidemiológico caracterizado por urbanización e industrialización significativas, con los consiguientes problemas de salud.

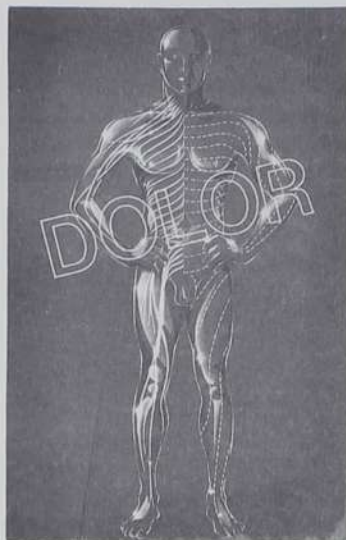
En los últimos 25 años, el número de habitantes en México se ha duplicado, hasta alcanzar casi los 92 millones de personas, y la esperanza de vida se ha extendido hasta los 73 años. Lo anterior ha dado lugar a un incremento de enfermedades crónico-degenerativas propias de una población longeva. Es así que los padecimientos cardiovasculares, el cáncer y la diabetes mellitus encabezan la lista de las diez principales causas de morbimortalidad en nuestro país junto con los accidentes, otro fenómeno

común en los países industrializados.

Es preocupante constatar que dentro de los diez primeros lugares figuran también otras enfermedades propias de los países pobres, tales como las afecciones del período perinatal, la cirrosis y otras enfermedades del hígado, así como la influenza y la neumonía, junto con homicidios y enfermedades infecciosas intestinales.

Por otra parte, no obstante que la tasa de mortalidad infantil disminuyó un 43 por ciento en los últimos diez años, sigue siendo de 17.5 por cada mil nacidos vivos, en comparación con la muerte general que es de 4.7 por cada mil habitantes. Dentro de las diez primeras causas de muerte infantil se ubican las afecciones en el período perinatal, la influenza y la neumonía, y las enfermedades in-

El Dr. Roberto Mendoza y la Lic. Blanca Badillo son asesores en comunicación de la Compañía Merck, Sharp and Dohme de México. El Dr. R. Mendoza es también investigador de la Sección de Graduados del IPN y presidente de la Asociación Mexicana para la Comunicación y el Periodismo Médico



fecciosas intestinales y respiratorias, y las deficiencias de la nutrición. Cabe destacar que el 22 por ciento de los niños menores de 5 años padece estas enfermedades.

Es importante destacar que si bien México ha podido reducir considerablemente los índices de morbilidad y mortalidad de la población, aún falta mucho por hacer. En este sentido, vale la pena resaltar el valioso papel de la medicina preventiva como instrumento principal para mejorar el estilo y calidad de vida de la población, para evitar enfermedades y reducir los altos costos generados por la práctica de la medicina curativa que caracteriza las políticas de salud de países en vías de desarrollo, prácticas en las que desafortunadamente se ha incluido nuestro país desde hace muchos años.

Por todo lo anterior, es necesario que todos los sectores que conforman la sociedad participen en la tarea común de educar para prevenir.

El papel de la educación médica

Ante el ascenso de la morbilidad por padecimientos crónicos y la persistencia de las enfermedades infecciosas, es de vital importancia resaltar el papel de la educación médica al gran público, gracias a la cual sería posible reducir ambos índices, así como su elevado costo y consecuencias. Es aquí donde se comprende la importancia de hacer énfasis en la prevención primaria, disminuyendo así los factores de riesgo de la población.

Para ello es necesario implantar la educación médica a gran escala, es decir, lograr la concientización pública sobre el cómo y por qué de las enfermedades que aquejan al mundo actual, una tarea conjunta entre gobierno, academia e iniciativa privada.

Las dificultades

Sin embargo, la emisión de un mensaje destinado a resolver un determinado problema de salud, adecuado al tipo de público al que va dirigido y a través del canal correcto, no es tarea fácil.

Por un lado tenemos que con los importantes avances tecnológicos, los medios masivos de comunicación han multiplicado su alcance hacia un público cada vez mayor; pero por otra parte la brecha entre los investigadores médicos y el gran público es cada vez más grande.

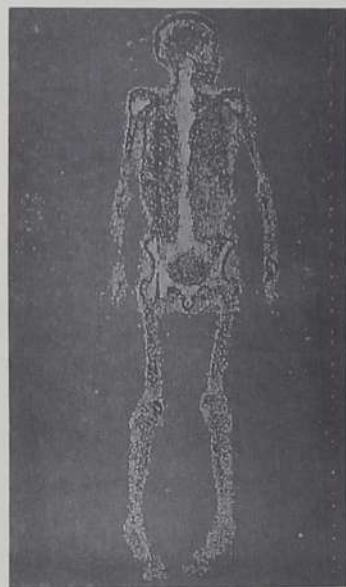
Esta situación se ve agravada con la existencia casi nula de

comunicadores que realicen la labor de traductores entre la ciencia básica y la sociedad. Dicho problema se hace evidente cuando advertimos que, salvo pocas excepciones, desde la publicación del *Mercurio Volante*, el 12 de octubre de 1772 por don Ignacio Bartolache (médico y químico mexicano iniciador del periodismo enfocado a la divulgación de las ciencias), poco se ha hecho por la divulgación científica dirigida al gran público mexicano.

Rechazo al cambio

Por otra parte, es importante considerar que el ser humano por naturaleza rechaza la posibilidad del cambio, pues es innegable que gran parte de su seguridad se basa en los hábitos y conductas que adquirió desde la infancia.

Así, la introducción de cualquier elemento novedoso tenderá a ser visto con recelo por gran



parte de la sociedad y habrá que trabajar mucho para lograr que ésta decida incorporarlo a su vida diaria.

Esta podría ser la causa que explique cómo, a pesar de la penetración de un medio como la televisión, no se ha logrado un resultado acorde a las expectativas que se tienen de ella para modificar patrones de conducta personal que tienen relación con la salud.

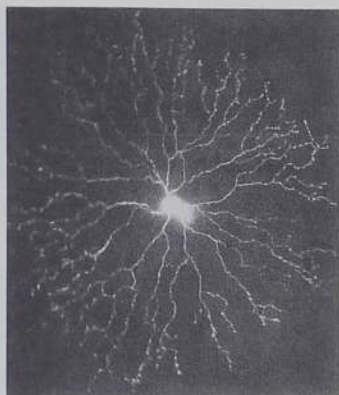
El obstáculo del iletrismo

Tanto más difícil resulta la difusión de mensajes a través de los medios impresos, si se toma en cuenta que el gran público no se distingue precisamente por su interés en la lectura, ya que el número estimado de lectores en México es de 1.5 millones de habitantes.

Esto quiere decir que el consumo entre la población mexicana es de apenas medio libro per cápita al año; de ahí la importancia de utilizar un lenguaje accesible sin complejidades técnicas, que dificulten aún más el acercamiento del público hacia la comunicación médica y científica.

El interés por lograr que el lenguaje utilizado en los medios impresos sea sencillo está fundamentado en que el público tiende a recibir el mensaje de mejor manera si puede identificarse emocionalmente con él, gracias a que fue despojado de tecnicismos innecesarios.

Esto no quiere decir que los temas médicos deban tratarse de



manera superficial y con poca seriedad, pero sí recordar al médico o periodista, que cuando tienen en mente la elaboración de un escrito, es necesario tener en cuenta el tipo de público al que va dirigido.

Recomendaciones

Con respecto a la elaboración del escrito biomédico, debe hacerse énfasis en que el autor debe poseer dominio de la gramática castellana, lo cual facilitará que un número mayor de receptores puedan captar claramente el mensaje que pretende comunicar.

Es necesario despertar también la idea de que todo lo que se escribe puede mejorarse, ya sea releendo el manuscrito las veces que sea necesario, o bien aceptando oportunamente la crítica y las recomendaciones de otras personas calificadas.

La redacción

En cuanto a la redacción del escrito se recomienda lo siguiente:

1. Ser breve.

2. Redactar objetivamente.

3. Ser claro.

4. Exponer el tema ordenadamente.

5. Emplear un lenguaje sencillo.

A continuación, se explicará brevemente cada una de estas características:

Brevedad: significa extensión corta; recuérdese que los escritos son valiosos sobre todo por su contenido. Es el caso del artículo sobre la estructura del DNA, publicado en 1953 por James Watson y Francis Crick en la revista *Nature*, el cual los hizo merecedores del premio Nobel. Ejemplo: la eficacia del antibiótico hace de éste una nueva opción terapéutica en las infecciones por bacterias anaerobias. Al sintetizarlo queda: El nuevo antibiótico es efectivo contra cepas anaerobias.

Objetividad: significa evitar las suposiciones, eludir los adjetivos emotivos y las falsas aseveraciones. Ejemplo: (a) la presión arterial *sufre* una disminución; (b) la *excelente* eficacia del antibiótico; (c) el *mejor* antidepresivo...; (d) la *ausencia* de efectos colaterales del medicamento.

Claridad: consiste en seleccionar las palabras y enlazarlas en forma correcta. Ejemplo: el médico que trata a un enfermo *padeciendo* hipertensión debe precisar su causa. La frase anterior, puede malinterpretarse como que es el médico quien padece de hipertensión, debido al uso incorrecto del gerundio.

Precisión: se refiere a ser exacto en el tratamiento de la información, por ejemplo: es muy alto el porcentaje de hipertensión en México. Debe sustituirse por: el porcentaje de hipertensión en México es de 26.6%.

Orden: se refiere al acomodo de las ideas según una secuencia lógica que agote sucesivamente los aspectos abarcados por el tema para no caer en repeticiones innecesarias.

Sencillez: siempre debe tenerse presente que el propósito del escrito es difundir ideas y hechos, no sólo para los expertos en el área, sino para lo que están aprendiendo. Sin embargo, los términos técnicos y siglas son inevitables y deben usarse, asegurándose de haberlos explicado antes de usarlos, por ejemplo: la prevalencia de hipercolesterolemia en 1993 fue de 8.9%. Debería decirse: En 1993 se detectó que el 8.9% de las personas tiene aumento de colesterol en la sangre.

Conclusión

Para finalizar, es necesario subrayar que la humanización en el escrito biomédico es crucial. Los profesionales de la información tienen la doble responsabilidad de presentar, por un lado, la información para con los hombres de ciencia, no sólo con dignidad y verdad, sino en todas sus dimensiones humanas; y por otro lado, tienen la obligación de hacer llegar al público la reseña sobre ciencia y tecnología de un modo ameno, utilizando los recursos de lo que es conocido como "interés humano".



El efecto será mayor cuanto más se repita el mensaje y mayor aún si los criterios expresados se ajustan fácilmente a los patrones socio culturales de la comunidad. Se debe adecuar el mensaje no sólo a los valores culturales presentes, sino también darle un sentido adecuado para el público al que va dirigido.

Recuérdese lo que escribió san Agustín: "lo que dices dilo de tal manera que aquél a quien hablas, oyéndote crea, creyendo, espere y esperando, ame". Todo comunicador debería hacer suyas estas hermosas palabras.



Notas

1. H. M. Calvo, *Periodismo científico* (Edit. Paraninfo, España, 1977).
2. L. F. de la Vega, *La comunicación científica* (IPN).
3. M. P. Diezhandino, *Periodismo de servicio* (Bosch Casa Editorial, Barcelona, 1994).

4. V. M. García, *Medicina y Sociedad*, 2a. ed. (FCE, México, 1994).

5. V. Leñero, C. Marín, *Manual de periodismo* (Grijalbo, México, 1986).

6. I. Leroy, *Comunicación científica* (Joaquín Porrúa Editores, México, 1995).

7. P. Montaner y R. Moyano, *¿Cómo nos comunicamos?* (Alhambra Longman, Madrid, 1995).

8. J. A. Paoli, *Comunicación e Información* (Trillas, México, 1983).

9. C. M. Ruiz y N. J. Márquez, *El periodismo mexicano hoy* (UNAM, México, 1990).

10. W. Schramm, *La ciencia de la comunicación humana* (Grijalbo, México, 1980).

11. C. F. de la Vega, *La comunicación científica* (IPN, 1990).

EL siglo del conocimiento

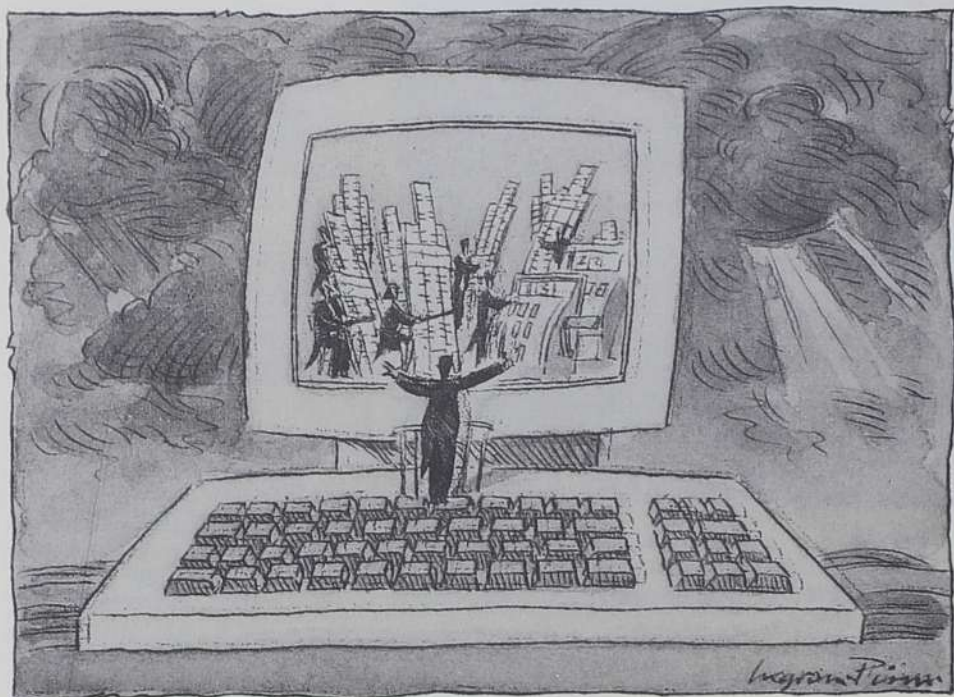
Héctor Vasconcelos

*Para Octavio Paz,
como siempre.*

Durante los años que aún nos separan del final de la centuria y del milenio, estarán en boga, como ya lo están ahora, los resúmenes y los balances del siglo. En muchos de ellos, especialmente en México, hay un sabor de decepción y de fracaso —una condena implícita o explícita— respecto del siglo XX. Una y otra vez se alude a las guerras mundiales, al atraso de los países periféricos, al fracaso de la revolución comunista, al deterioro del medio ambiente, al uso bélico de la energía nuclear, como si esos fuesen los signos distintivos del siglo. Creo que a la postre no lo serán y pienso que esa visión es un buen ejemplo de la miopía que impone la cercanía de los hechos. Me sorprende, en cambio, que no se ponga énfasis en lo que, a mi modo de ver, es el saldo fundamental de la centuria y lo que convierte a ésta en la más extraordinaria —en cuanto al avance del saber— que el hombre haya vivido tal vez desde el siglo IV a. C.: la explosión del conocimiento que nuestro siglo ha traído aparejada.

Desde el colapso de la civilización clásica hasta nuestros días, quizá no haya habido otro siglo en que el hombre aprendiera tanto sobre sí mismo o sobre su entorno. Si nuestra civilización sobrevive a los riesgos que ella misma ha generado —esencialmente al riesgo nuclear— o a alguna catástrofe cósmica no descartable, dentro de cuatrocientos o quinientos años este siglo será recordado como aquél en que dio prin-

El Dr. Héctor Vasconcelos es un reconocido humanista. Fue el director fundador del Festival Cervantino que se celebra cada año en Guanajuato. El presente ensayo fue publicado en el periódico La Jornada del 16 al 18 de septiembre de 1991. El planteamiento que se presenta sigue siendo vigente en este final de siglo.



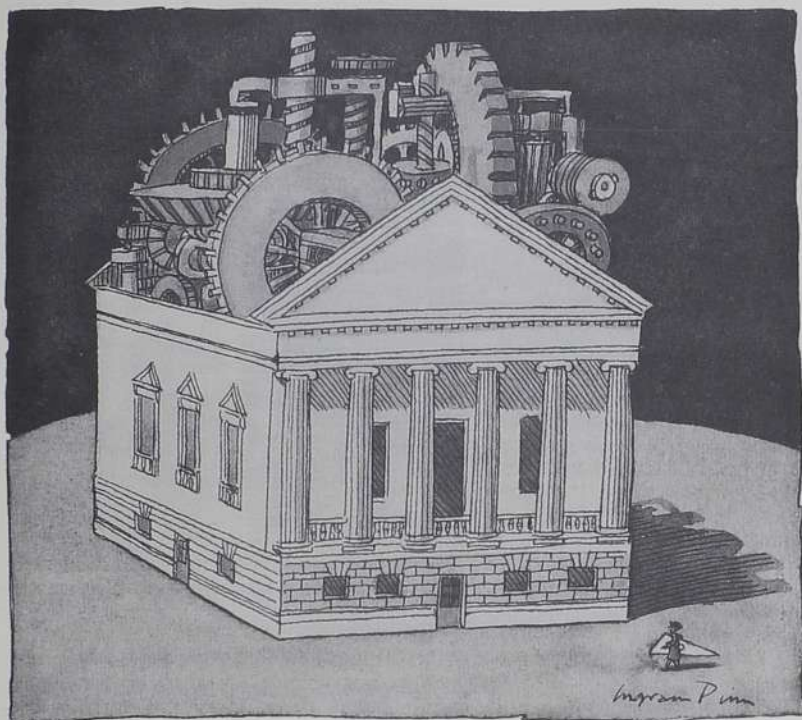
cipio el desarrollo del conocimiento en gran escala. El inicio, solamente, de la adultez cognoscitiva del hombre. Mientras algunos piensan que hemos llegado al fin de la historia (aunque, por supuesto, se refieren sólo a lo ideológico), yo creo, a la inversa, que estamos en sus albores.

Proliferación del conocimiento

Decir lo anterior no implica en forma alguna un menosprecio del pasado. Todo lo contrario: los gigantes intelectuales de entonces —un Hume, un Descartes, un Aristóteles— tuvieron que formular sus hipótesis casi sin disponer de datos comprobables sobre la naturaleza. En tiempos recientes, se ha empezado a pensar con base en una información que ya no es escasa, pese a que, evidentemente, cada nuevo descubrimiento genera nuevas y más sutiles incógnitas. Ya no se trata primordialmente de especular o de intuir. Por eso, de aquí en adelante, las grandes cuestiones filosóficas tenderán a resolverse más en los laboratorios o en los gabinetes científicos que en las aulas de la filosofía académica o en la soledad del especulador inspirado. Ninguna filosofía podrá aspirar a la validez si

no da cuenta de lo que el trabajo científico descubre día a día. Por supuesto, nadie pretende que la ciencia resuelva por sí sola las viejas interrogantes de la metafísica, la moral o la estética (no es esa su función y, por otra parte, tal vez se trate de preguntas sin respuesta); pero menos aún es concebible que el hombre pueda aproximarse a su resolución sin las aportaciones de la ciencia. Es perfectamente posible, por ejemplo, que los avances en el estudio del cerebro humano (sólo desarrollados en la segunda mitad de este siglo) muestren que al menos algunos de los problemas filosóficos no son sino resultado de la particular conformación de ese órgano de insondable complejidad y de su instrumento más característico, el lenguaje, tal como ya lo había planteado, de manera genial, Wittgenstein.

La pobreza, la injusticia y la guerra han sido, como la enfermedad y la muerte, constantes de la historia humana, diríase que categorías ontológicas de la especie, y desgraciadamente no existe razón alguna para suponer que alguna vez terminarán. (La sociobiología argumentaría, incluso, que las conductas humanas que derivan en la guerra y la injusticia social están impresas en el código genético del ser humano, el cual podría llegar a alterarse, por cierto, sólo como resultado de los



descubrimientos de este siglo). Es por ello que cifrar en esos hechos el juicio sobre nuestra época no es mucho más que decir que este siglo ha sido como todos los demás. En cambio, lo que sí es nuevo en la historia es la asombrosa proliferación del conocimiento que caracteriza a nuestro tiempo.

El método empírico-experimental

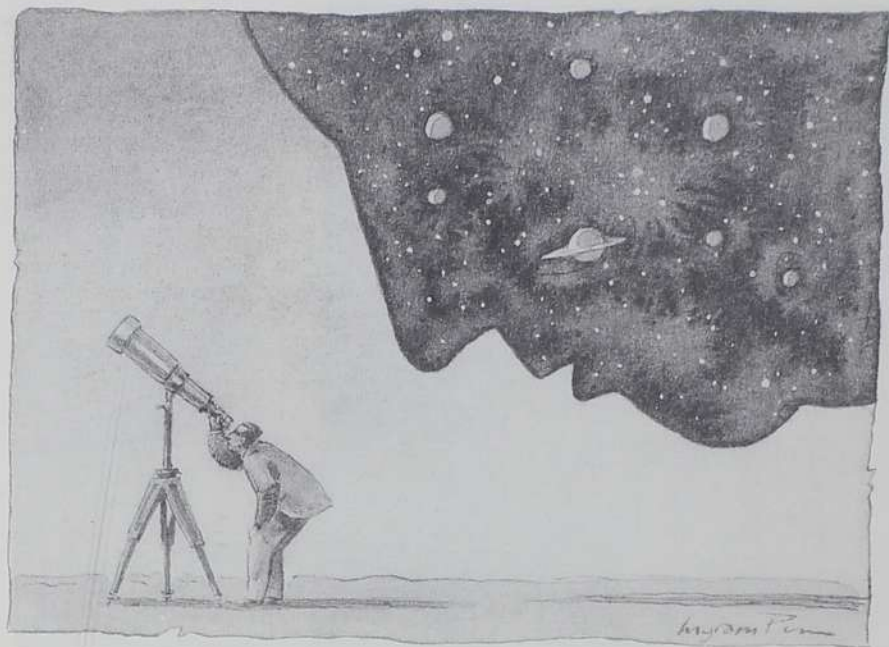
Durante milenios —por no decir centenares de miles de años—, el hombre vivió sin *saber* prácticamente nada. No es extraño, por ello, que haya desarrollado las más extravagantes hipótesis acerca del universo y de sí mismo. Es cierto que sobre casi todo se había especulado y, a veces, de manera admirable; en Grecia, desde los presocráticos, pero particularmente durante los siglos V y IV a.C., todas las preguntas respecto del hombre y del universo fueron formuladas y con frecuencia las respuestas o las dudas que surgieron resultaron antecedentes directos de lo que el hombre sabría algún día. Pero se trató —entonces— de especulaciones.

cimiento como tal se desarrolla apenas a partir de los siglos XVI y XVII. Sólo en el XVII se observa la circulación de la sangre, por ejemplo, y Newton descubre una de las cuatro fuerzas esenciales de la naturaleza: la gravedad. Es obvio que sólo en el siglo XVII —gracias a Galileo y Copérnico— el hombre tuvo una primera noción, compartible, de su lugar en el universo. Hubo que esperar hasta el siglo XIX para que se estableciese el concepto microbiano de la enfermedad. Más importante aún: fue sólo en el siglo XVII cuando quedó firmemente asentado el método empírico-experimental como la vía hacia el conocimiento. Es entonces claro que el ensanchamiento del saber humano es un fenómeno extraordinariamente reciente.

Cambio cuantitativo

Desde los primeros años de nuestro siglo se da un cambio cuantitativo sin precedente alguno en la historia: una verdadera explosión del saber en prácticamente todas las ramas. Aunque sea evidente, hay que subrayarlo: la formulación de la teoría de la relatividad y de la teoría cuántica; la posibilidad de dividir el átomo y de explorar el espacio; el descubrimiento de

Creo que es posible argumentar que el cono-



la estructura del ADN con sus incalculables implicaciones para el futuro; el estudio de la conformación neuronal del cerebro; la documentación de la teoría evolucionista de las especies; el desarrollo de la cibernética, son sólo los picos sobresalientes de una cordillera de conocimientos desconocidos para el hombre hace sólo 100 años. Algunos datos no dejan de asombrar: a manera de ejemplo, sólo entre 1945 y 1970 se editaron tantos libros como habían sido editados entre la invención de la imprenta y el final de la Segunda Guerra Mundial. Hace 100 años prácticamente ningún hombre conocía la experiencia de volar de un sitio a otro, ya que sólo en 1903-1904 ocurrieron los primeros ensayos de los hermanos Wright; hoy, para cualquier niño de 8 a 10 años es inconcebible un mundo en el que no existiese la posibilidad del vuelo. Antes de este siglo el hombre desconocía el teléfono, el telégrafo, el telex y el fax, el uso de la electricidad en gran escala, la computadora, la calculadora, el cine, la radio, la televisión y las industrias del video y de la reproducción doméstica del sonido.

Relatividad y mecánica cuántica

Otro hecho de vastas implicaciones: en los siglos XVI o XVII había sólo un puñado de humanistas-científicos

que se ocupaban de la investigación científica, frecuentemente aislados entre sí y casi todos concentrados en Europa. Hoy en día existen literalmente miles de talentos comparables, altamente especializados, en un sinnúmero de centros de investigación alrededor del mundo, que trabajan, entre todos, 24 horas al día y tienen la posibilidad de transmitirse información de manera virtualmente instantánea: es ésta una de las razones que explican la celeridad a veces exponencial del progreso en nuestros días. Entre Newton y Einstein hubo que esperar casi tres siglos. Entre la teoría cuántica y la relatividad sólo mediaron unos cuantos años. Y hay quienes predicen -S. Hawkin, entre ellos- que hacia el cambio de siglo se habrán resuelto las aparentes contradicciones entre ambas simientes del saber moderno. Si tuviera que escoger un solo hecho como el más significativo del siglo, no dudaría en mi selección: por incidir en absolutamente todos los aspectos de la vida futura, la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica son las criaturas del siglo que más radicalmente han cambiado la historia humana. Ambas formulaciones son las que permitirán, tal vez, llegar a esa Gran Teoría Unificadora (GUT) que es la principal meta inmediata del intelecto humano: la teoría que permita entender, por vez primera, y aunque el lenguaje resulte grandilocuente, la naturaleza y el funcionamiento de todo lo que existe.



Grandes logros intelectuales

Pensar que todo lo anterior no sea lo más trascendente de nuestro siglo es, a mi juicio, inexplicable. Ningún hecho político me parece de una importancia equiparable, sobre todo por su posible transitoriedad. Aun cambios sociales trascendentes —por ejemplo, la incorporación de la mujer a casi todas las actividades humanas, la liberalización sexual— parecería no igualar en relevancia al parteaguas intelectual que los descubrimientos antes mencionados implican. Con ser muy ricos, los desarrollos del siglo en las letras, la plástica o la música no igualan tampoco la importancia de los cambios científico-tecnológicos. Si a éstos agregamos el psicoanálisis, el existencialismo (en su versión siglo XX), la lingüística y algunas otras corrientes intelectuales del siglo, se tendrá una idea de la gloriosa riqueza de nuestra época.

Se dirá que todo lo que hoy sabemos no impidió las dos guerras mundiales más devastadoras de la historia, no ha contribuido a resolver desigualdades en la distribución de la riqueza que tal vez tampoco tienen paralelo histórico, y no sólo no ha evitado sino que ha contribuido a un alarmante deterioro del medio ambiente. Todo esto es cierto. Señalar los grandes logros intelectuales del siglo no implica olvidar, ni menos justificar, sus horrores. En particular, es precisamente el gran desarrollo del conocimiento en nuestro tiempo lo que hace más asombroso que en la misma época haya

ocurrido el sacrificio de millones y millones de seres humanos (nunca sabremos cuántos) en aras de utopías aberrantes. El nacional socialismo y el marxismo-leninismo, anverso y reverso de una misma realidad, el totalitarismo resultan más injustificables en nuestra época que en cualquier otra. Quizá sea comparativamente peor el fenómeno del nazismo por haber ocurrido en el centro mismo de la cultura occidental, en la cuna de dos de sus manifestaciones supremas: la música y la filosofía alemanas. Después de todo, Rusia es un país entrañable, pero de atrasos seculares. Es una tierra que nunca produjo a un Kant, a un Beethoven o un Mozart, y sí, en cambio, tiene una larga tradición de tiranía. Sin embargo, en el mundo alemán, en medio de una pléyade de espíritus insignes —Einstein, Gropius, Freud, Schönberg, Mann, Rilke...—, resurgió, con un ímpetu sin precedente, la peor obscenidad intelectual: el antisemitismo. Una explicación plausible es la que han dado varios críticos de la cultura, desde Erich Fromm hasta George Steiner: el desarrollo intelectual del hombre no ha ido acompañado de un desarrollo psicológico o emocional paralelo. Por el contrario, los avances del conocimiento suelen provocar, sobre todo entre las mayorías semieducadas, reacciones de pánico inconsciente: miedo al saber, miedo a la libertad que el saber implica, la tendencia a aferrarse a las viejas certidumbres de un pasado ignaro. De ahí la tentación de seguir a demagogos demenciales que ofrecen destinos privilegiados, soberanías incólumes, superioridades raciales o ideológicas, en suma, la recuperación de paraísos perdidos a cambio de la sujeción y la renuncia a la inteligencia. De ahí, también, que en nuestra época proliferen, entre los desposeídos intelectuales, los irracionalismos, los fundamentalismos.

En efecto, a pesar de que en estos años finales ha surgido un consenso aparentemente generalizado en favor del liberalismo y de la democracia, nuestro siglo ha sido pródigo en crímenes históricos y no ha carecido de aberraciones ideológicas. Todavía en los últimos lustros de un país —Comboya— se persiguió, en muchos casos hasta la muerte, a todo aquél que diese muestras de actividad intelectual; en otro —Irán— se ha tratado de borrar todo vestigio (salvo los tecnológicos) de la historia de los últimos cuatro o cinco siglos. Pero no es eso lo que subsistirá de nuestro tiempo, afortunadamente. Creo que va a ocurrir lo que nos sucede hoy cuando pensamos en los siglos XVI y XVII:

recordamos menos el horror de sus guerras religiosas que el avance —intelectual y eventualmente material— que la Reforma implicó. Nadie (ni el mundo católico) escapó a su influjo y hoy sus logros conceptuales son aceptados como una herencia de la humanidad entera. Así ocurrirá con los grandes descubrimientos del siglo XX.

La edad del conocimiento

Pienso, por otra parte, que incrementar el conocimiento humano tiene un valor *per se*, independiente de que ello mejore o no las condiciones de vida. Entender es la gran aventura humana. Y me cuento entre quienes creen que toda forma de conocimiento a la postre mejora el mundo. Evaluar el avance del saber sólo en función de criterios utilitarios es, por lo menos, parcial. Se argumentará que esto es privilegiar, de manera exagerada, el valor de lo puramente intelectual. Tal vez. Pero gracias al intelecto descendimos de los árboles hace más de 200 mil años y, si hemos de sobrevivir como especie, será ciertamente por el intelecto y no por algún otro atributo humano.

En el mundo de habla inglesa existen ciertas expresiones convencionales para referirse a determinados periodos históricos. A la Baja Edad Media se le conoce como *The Dark Ages*. A la Alta Edad Media se le designa *The Age of Faith*. El siglo XVI viene a ser *The Age of Discovery*. El XVIII es *The Age of Reason*. Aventuro la hipótesis de que a nuestro siglo los historiadores fu-

turos lo denominarán *The Age of Knowledge* —la Edad del Conocimiento.





Aniversario

¡Únete a nuestro equipo !



¡ TU PUEDES INGRESAR AL DOCTORADO AL TERMINAR LA LICENCIATURA !

El Departamento de Química del CINVESTAV anuncia su programa de Doctorado en:

QUIMICA ORGANICA • QUIMICA INORGANICA • FISICOQUIMICA

A los estudiantes que hayan concluido sus estudios de Licenciatura en algún Área de Química.
Se ofrecen cursos de prerrequisitos del 17 de febrero al 20 de junio de 1997.

QUIMICA ORGANICA • QUIMICA GENERAL • MATEMATICAS • FISICOQUIMICA

Exámenes de admisión del 7 al 14 de julio de 1997. Inicio de cursos 1 de septiembre de 1997.

Las personas que hayan realizado estudios de Maestría en Ciencias en alguna otra institución también pueden solicitar examen de admisión y se les ofrecerá un programa personalizado.

El programa está en el padrón de excelencia del CONACYT y el estudiante que apruebe el examen de admisión, tendrá una beca CONACYT.

INFORMES: COORDINADOR ACADEMICO; DEPARTAMENTO DE QUIMICA DEL CINVESTAV
AV. I.P.N. No. 2508. ESQUINA TICOMAN APDO. POSTAL 14-740, 07000 MEXICO, D.F.

747-7000 O 747-7001 EXT. 4090 Y 4043 FAX: 747-7113

E-MAIL: MROSALES@MVAX1.RED. CINVESTAV.MX

MAYOR INFORMACION DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA EN:

<http://www.chem.cinvestav.mx/química/quím.html>

CONVOCATORIA

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.
CINVESTAV Unidad Mérida

Invita a:

**Profesionales en áreas afines a las ciencias marinas
(Biología, Oceanología, Física, Geología y Química) para estudiar:**

*Maestría en
Biología Marina*

*y
Doctorado en
Ciencias Marinas*

INFORMES

CALENDARIO

Fecha límite de entrega de documentos

20 de Junio de 1997

Examen de admisión

23-25 de Junio de 1997

Inicio del curso

2 de septiembre de 1997

Departamento de Recursos del Mar
Dr. David Valdés Lozano, Coordinador Académico
Tel. (99) 81 2973, 81 2905 ext. 294
Fax: (99) 81 2917;

E-mail: dvaldes@kin.cieamer.conacyt.mx
En México D.F.: Lic. Alfredo Alejandro,
Oficina de Control Escolar,
Tel: (5) 747 7000 y 01 ext. 2527

Página <http://kin.cieamer.conacyt.mx7Cinvestav/Recursos/>