



AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 13, enero-febrero de 1994

México ISSN 0185-14111 • N\$ 5.00

Investigación en ciencias marinas

Materiales compuestos

Epidemias informáticas

Perspectivas de la investigación educativa

Los premios Nobel en ciencias 1993





La Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica CINVESTAV-IPN

O F R E C E

PROGRAMAS DE MAESTRIA Y DOCTORADO

Líneas de Investigación

- Materiales semiconductores
- Conversión fotovoltaica
- Dispositivos optoelectrónicos
- Procesos de microelectrónica
- Diseño de circuitos integrados

Requisitos de Admisión

- Ser titular o pasante de una licenciatura en ingeniería o ciencias fisicomatemáticas.
- Dirigir una solicitud a la Coordinación Académica de la SEES.
- Aprobar exámenes de admisión.

AVANCE Y PERSPECTIVA

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-CINVESTAV

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Julio G. Mendoza Alvarez
Editor: Miguel Angel Pérez Angón
Editor Asociado: Gabino Torres Vega
Coordinación editorial: Martha Pérez de Izarrarás
Diseño y cuidado de la edición: Rosario Morales A. y Josefina Munguía Romero
Redacción: Carlos Chimal
Tipografía: Carolina Herrera Z.

CONSEJO EDITORIAL

René Asomoza,
 Departamento de Ingeniería Eléctrica
Marcelino Cerejido,
 Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias
Rosalinda Contreras,
 Departamento de Química
María de Ibarrola,
 Departamento de Investigaciones Educativas
Jesús González Hernández,
 Unidad Saltillo
Rubén López Revilla,
 Departamento de Biología Celular

Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV
Captura: Ma. Eugenia López y Pilar Moreno
Distribución: Departamento de Intercambio Académico

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a enero-febrero de 1994, volumen 13, se terminó de imprimir en diciembre de 1993. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. *Editor responsable:* Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Comunicación Litográfica, Av. 585 #8, Col. San Juan de Aragón, 07920 México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1993, vol. 12, pág. 248. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

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

Sumario Vol. 13, enero-febrero de 1994

-
- 3 Investigación en ciencias marinas en el Cinvestav
Dalila Aldama Aranda
 - 11 Materiales compuestos, los materiales del siglo XXI
Alejandro Manzano Ramirez
 - 17 Epidemias informáticas, ¿podemos evitarlas?
Arturo Morales Acevedo
-
- Los Premios Nobel en Ciencias 1993**
- 23 La Relatividad General como herramienta de alta precisión astronómica
Nora Bretón
 - 26 Premio Nobel de Química: Genética *in vitro*
Francisco de la Vega
 - 30 Premio Nobel de Medicina y Fisiología: P. A. Sharp y R. Roberts
Luis Marat Alvarez Salas
-

Perspectivas

- 33 Situación y perspectivas de la investigación educativa
Eduardo Weiss
-

Innovaciones Educativas

- 43 Nuevos libros de texto: de números y abstracciones
Gerardo Moncada
-

Avances de Ciencia y Tecnología

- 49 Importancia de la interfase biomaterial-tejido óseo en la estabilidad mecánica e integridad de los implantes ortopédicos
Armando Salinas Rodríguez
-

Matices

- 61 Franz Toward: in memoriam
Manuel Gil Antón
-

Portada: Parvada de flamencos en la laguna de Celestún, Yucatán.
Foto: M. Calderwood.



Academia Mexicana de Química Inorgánica

2º COLOQUIO

"LA QUIMICA DE CUMULOS Y LA QUIMICA ORGANOMETALICA"
Auditorio Rosenblueth del CINVESTAV
Abril de 1994

Profesores propuestos:
Sheldon Shore, María de Jesús Rosales, Cecilio Alvarez, Juvencio Robles, Miguel Parra Hake.

Mesa redonda con los profesores invitados sobre:
"IMPORTANCIA Y FUTURO DE LA QUIMICA DE CUMULOS Y DE LA ORGANOMETALICA"

3er COLOQUIO

"METODOS INSTRUMENTALES Y TEORICOS EN QUIMICA INORGANICA"
Universidad Autónoma de Puebla
Junio de 1994

CEREMONIA DE PREMIACION A LAS MEJORES TESIS 1993 DE DOCTORADO, MAESTRIA Y LICENCIATURA EN EL AREA DE QUIMICA INORGANICA
Universidad de Guanajuato
Septiembre de 1994

La convocatoria a las mejores tesis de doctorado, maestría y licenciatura se abrirá del 1 de abril hasta el 30 de junio de 1994.

4º COLOQUIO

"LA QUIMICA INORGANICA EN EL TRATAMIENTO DEL CANCER"
Universidad Nacional Autónoma de México
Diciembre de 1994

Profesores propuestos:
Peter Sadler, Bernard Spielvogel, Bernhard Lippert, Lena Ruíz, Saúl Villa, Teresa Mancilla y Jesús Martín Polo.

Mesa redonda con los profesores invitados sobre:
"FUTURO DE LOS COMPUESTOS METALICOS EN LA TERAPIA DEL CANCER Y OTRAS ENFERMEDADES"

Para mayor información favor de comunicarse con:

Dra. Angelina Flores Parra y/o
Dra. María de Jesús Rosales Hoz

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Depto. de Química
Av. Instituto Politécnico No. 2508 San Pedro Zacatenco 07000-México, D.F.
Apdo. Postal 14-740

Tel. (5) 752 06 77 ext. 4005, 4003, 4028, 4025, 4043, 4084 Fax (5) 752 74 79

E-mail: mlflores@mvax1.cinvesred.cinvestav.mx

E-mail: mrosales@mvax1.cinvesred.cinvestav.mx

Investigación en ciencias marinas en el Cinvestav

Se analiza el desempeño de los programas de investigación realizados durante la primera década del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav.



Dalila Aldana Aranda

Orígenes

La Unidad Mérida del Cinvestav, creada en 1980 en el marco de la descentralización de las actividades científicas y tecnológicas, tuvo como una de sus principales finalidades contribuir a un aprovechamiento racional y sostenible de los recursos marinos de la Península de Yucatán, así como a la conservación de los ambientes naturales, tanto marinos como costeros. Para ello se

espera vincular la enseñanza de posgrado con la investigación científica en este campo.

A fin de alcanzar los objetivos anteriores, el Departamento de Recursos del Mar de esta unidad se centró en la realización de proyectos de investigación relacionados con los recursos pesqueros, la acuicultura y la ecología marina. En su etapa inicial, el departamento tuvo tres líneas de investigación: biología pesquera, desarrollo de la tecnología para la acuicultura y reconocimiento de los recursos marinos de la Península de Yucatán. A 13 años de creado, este departamento tiene ahora 14 líneas de investigación: química marina, parasitología, histopatología, nutrición acuícola, geoquímica marina, biología marina, necton, bentos, flanco, percepción remota, acuicultura, ecofisiología de organismos marinos,

La Dra. Dalila Aldana Aranda, profesora titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav, obtuvo su doctorado en la Universidad de Bretaña Occidental en Brest, Francia. Su campo de investigación es la biología y ecofisiología marina de moluscos.

biología pesquera y economía pesquera. Asimismo, cuenta con 14 laboratorios equipados para la conducción de investigaciones de su personal y de los propios estudiantes que realizan sus tesis, así como un área exterior de estanques con una superficie de 1132.75 m² que permite llevar a cabo una amplia variedad de experimentos. La planta docente actual está compuesta por 18 investigadores con grado de maestría o doctorado.

Productividad

El objetivo principal de los programas de posgrado de este departamento es formar investigadores independientes en las diferentes áreas del conocimiento de las ciencias marinas. El programa de maestría en ciencias con especialidad en biología marina inició sus actividades en 1982 y ha graduado 58 alumnos. El programa de doctorado en ciencias marinas se fundó en 1987, habiendo graduado hasta la fecha a tres doctores. Por otra parte, el profesorado de este departamento ha dirigido 51 tesis de licenciatura y siete de especialidad. En lo que se refiere a productos de investigación, hasta el primer trimestre de 1993 se habían generado 205 publicaciones (tabla 1).

El trabajo de investigación del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida ha estado financiado por 15 instituciones u organismos, o bien por el sector privado. En la tabla 2 se indica la contribución porcentual de las diferentes agencias desde el año de creación del departamento hasta 1993. Se observa que durante los primeros siete años la investigación se realizó con apoyo del CONACYT, del COSNET o del Instituto Nacional de la PESCA (SEPESCA). Cabe señalar que durante el primer lustro de vida existió de manera paralela apoyo del propio Cinvestav para el desarrollo de sus programas de investigación. Interesante resulta señalar que a partir de 1988 se presentó una diversificación de las fuentes de financiamiento, observándose además una contribución significativa de organismos internacionales, fundaciones y sector privado. La evolución del apoyo otorgado por CONACYT de 1986 a la fecha ha fluctuado entre 20% y 50%. En 1985 y 1990 la contribución de este organismo fue del 100% y exclusivamente para el programa de posgrado.

En la figura 1 se puede observar la evolución del número de proyectos de investigación por profesor: en 1980 fue de 0.17, incrementándose hasta 1.11 en 1989, año en que se obtuvo el máximo valor. A pesar de que el número de proyectos por profesor se ha incrementado signi-

Tabla 1
Productos de investigación, docencia y difusión publicados por el Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav entre 1980 y 1993

Publicaciones	
Artículos en revistas internacionales y nacionales con arbitraje	86
Artículos publicados en memorias de congresos internacionales con arbitraje	43
Artículos publicados en memorias de congresos nacionales con arbitraje	41
Artículos de difusión	13
Libros de investigación o docencia	2
Capítulos en extenso de investigación o docencia en libros especializados	20
TOTAL	205

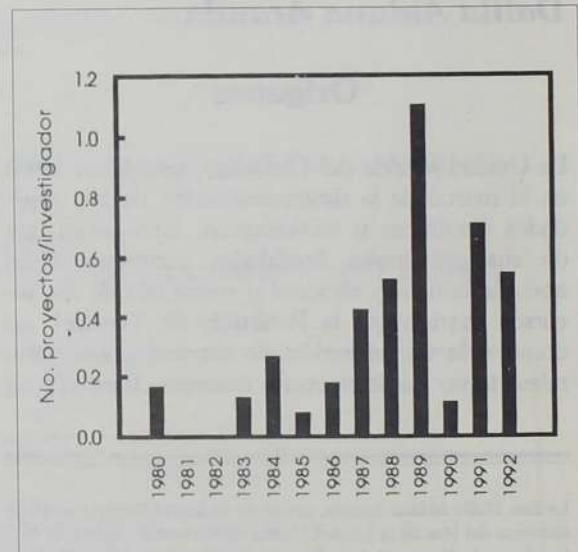


Fig. 1. Número de proyectos por investigador, periodo 1980-1992.

Tabla 2
Investigación en el Departamento de Recursos del Mar: fuentes de financiamiento y su porcentaje anual

Fuente de financiamiento	Porcentaje del financiamiento por año													
	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
CONACYT	100	-	-	-	75	100	34	41	50	28	100	20	27	50
COSNET	-	-	-	-	25	-	33	33	15	-	-	-	-	-
SEPESCA	-	-	-	100	-	-	-	9	-	-	-	7	-	-
SEDUE (SEDESOL)	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	-	7	36	-
Gobierno de Yucatán	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	-
PEMEX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-
Consejo Científico Embajada de Francia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10	25
CEE	-	-	-	-	-	-	-	-	7	3	-	-	-	-
OEA	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-
IFS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-
COI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	25
FAO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-
IP	-	-	-	-	-	-	-	-	14	3	-	12	-	-
Fundaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	14	-	-
Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9	-

ficativamente en la primera década, la producción científica en publicaciones disminuyó de 0.77 en 1981 a 0.42 en 1989 (figura 2). Por lo que respecta al número de graduados por profesor por año se observa también una disminución de 0.67 para 1982 a 0.38 en 1990 (figura 3). Sin embargo, este valor se incrementó para el año de 1992 a 0.65 graduados por profesor. Por lo que respecta a la productividad de artículos científicos se ha observado un valor promedio de 0.67 desde el año de 1990 (Fig. 2). En relación al número de maestros en ciencias, este departamento ha graduado 25% del número total de egresados a nivel nacional, a pesar de ser uno de los posgrados nacionales de más reciente creación.

En la tabla 3 se resume la distribución anual para el período de 1980 a 1992 de la planta de

investigadores y la evolución de la producción científica, (artículos, graduados y proyectos por investigador). A lo largo de este período, el profesorado ha conducido 102 proyectos de investigación, habiendo captado un monto total de N\$ 5,162,165 (tabla 4). Del total de proyectos, el 37.25% ha sido financiado por CONACYT, 16.66% por el Gobierno del Estado de Yucatán y 7.48% por SEDESOL. Ahora bien, si el análisis se efectúa en función del monto total captado por el departamento, se observa que 42.83% de los recursos financieros fueron del CONACYT, 18.84% de la Comunidad Económica Europea (CEE), 8.80% de SEDESOL, 7.95% de PEMEX y 6.69% del Gobierno del Estado de Yucatán (tabla 4). En este sentido es interesante resaltar que en función del número de proyectos la CEE tiene una aportación inferior a 2%, en cambio en relación al apoyo financiero este organismo ha aportado casi

Tabla 3
Planta de investigadores y producción científica del Departamento de Recursos del Mar
Unidad Mérida Cinvestav-IPN
Período 1980-1993

Año	No. de investigadores	No. de proyectos	No. de artículos por investigador	No. de graduados por investigador	No. de proyectos por investigador
1980	6	1	0.00	0.00	0.17
1981	9	0	0.77	0.00	0.00
1982	9	0	0.77	0.67	0.00
1983	15	2	0.47	0.40	0.13
1984	15	4	0.40	0.20	0.27
1985	23	2	0.13	0.35	0.08
1986	22	4	0.41	0.41	0.18
1987	28	12	0.39	0.39	0.43
1988	26	14	0.54	0.42	0.53
1989	26	29	0.42	0.38	1.11
1990	26	3	0.58	0.38	0.11
1991	21	15	0.64	0.33	0.71
1992	20	11	0.60	0.65	0.55
1993	18	4	--	--	--

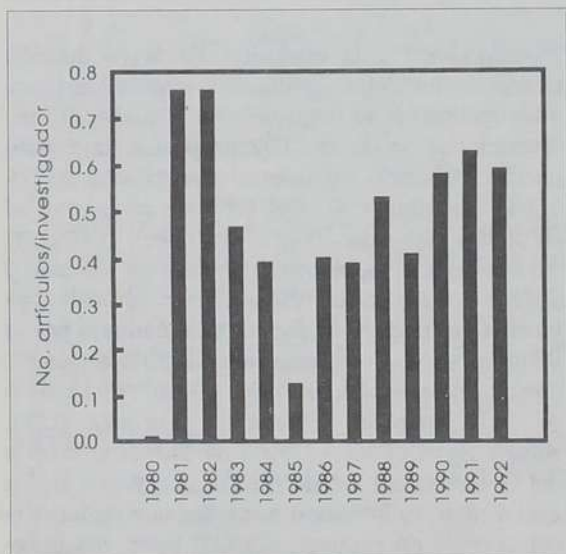


Fig. 2. Número de artículos publicados por investigador, período 1980-1992.

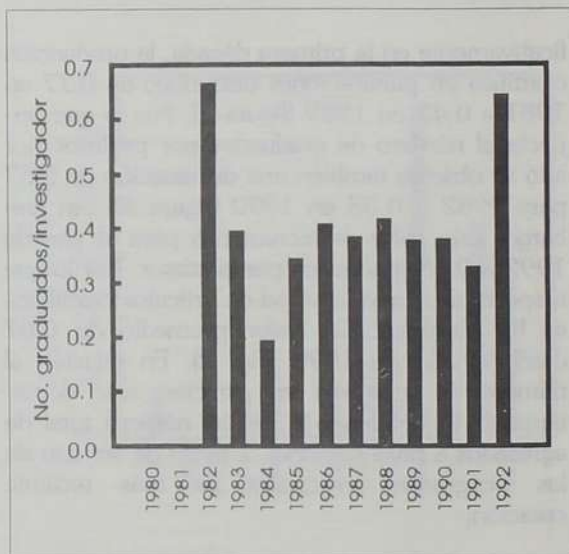


Fig. 3. Número de estudiantes graduados por investigador, período 1980-1992.

Tabla 4
Fuente y monto de financiamiento de los proyectos de investigación del Departamento de Recursos del Mar, Unidad Mérida del Cinvestav, periodo 1980 a 1992.

Institución	Monto total (N\$)	Porcentaje (%)	No. de Proyectos	Porcentaje (%)
CONACYT	2,168,490	42.83	38	37.25
GOB. YUC.	338,682	6.69	17	16.66
COSNET	228,572	4.51	9	8.82
SEDESOL	445,660	8.80	8	7.84
PEMEX	402,613	7.95	3	2.94
Fundación	148,500	2.93	4	3.92
CEE	954,000	18.84	2	1.96
Otros	73,250	1.44	3	9.80
SEPESCA	37,870	0.74	5	4.90
COI	69,500	1.37	4	3.92
IP	93,281	1.84	4	3.92
IFS	61,000	1.20	2	1.96
FAO	23,955	0.47	2	1.96
OEA	16,792	0.33	1	0.98
TOTAL	5,062,165	100	102	100

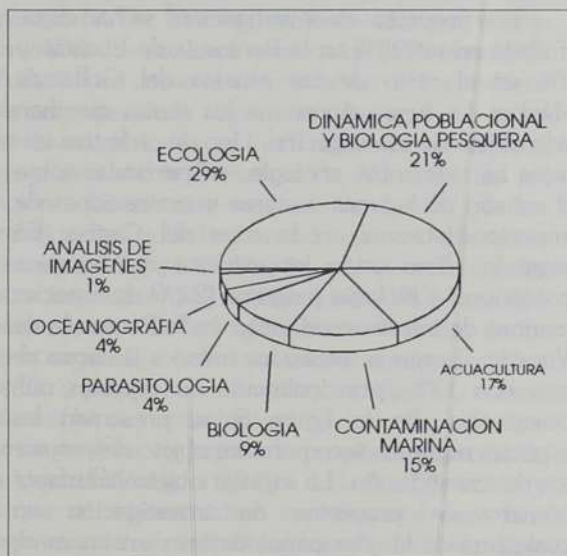


Fig. 4. Relación de temas que han sido objeto de proyectos de investigación.



Fig. 5. Relación de especies o grupos taxonómicos que han sido objeto de proyectos de investigación.



la quinta parte del total de recursos captados por el departamento, siendo además una de las fuentes de financiamiento más recientes en la Unidad Mérida (1988). La producción científica medida en términos de artículos publicados en revistas nacionales y extranjeras para el período 1981 a 1992 es de 0.51 artículos por año por profesor, 0.42 alumnos graduados/año/profesor y 0.33 proyectos/profesor/alumno. La productividad del departamento para la década 1980 a 1990 en términos de artículos¹ fue de 0.42, con lo cual ocupaba el cuarto lugar con respecto a los otros programas nacionales de posgrado en biología marina. Actualmente su producción lo sitúa en el tercer lugar. Los cinco posgrados nacionales en ciencias marinas hasta 1991 habían graduado a 210 alumnos, de los cuales 25% han sido formados en nuestro departamento. El número de proyectos por investigador muestra una tendencia creciente desde la creación del departamento de 0.17 en 1980 hasta 1.11 en 1989. Sin embargo, este incremento se ha visto reflejado, al menos en la misma proporción, en el número de artículos o número de graduados por profesor. Lo anterior

podría en parte explicarse por el tiempo que el investigador utiliza en la gestión técnica y administrativa del propio proyecto².


Los proyectos de investigación³ se han desarrollado en un 95% en la Península de Yucatán y 5% en el resto de los estados del Golfo de México. La figura 4 resume los temas que han sido objeto de investigación. Uno de cada tres trabajos ha sido sobre ecología, en particular sobre el estudio de lagunas costeras y evaluaciones de impacto ambiental en la zona del Caribe. En segundo plano están los estudios de dinámica poblacional y biología pesquera (21%) de especies marinas de interés económico en la Península de Yucatán. Luego se sitúan los trabajos de acuicultura con 17%, principalmente de especies dulceacuícolas. En la figura 5 se presentan las especies o grupos taxonómicos objeto de proyectos de investigación. La especie objeto del mayor número de proyectos de investigación en cualquiera de las disciplinas de las ciencias marinas cultivadas en el departamento ha sido el mearo (*Epinephelus morio*), seguida de la mo-

jarra (*Cichlasoma urophthalmus*), y la langosta, el ostión, camarón y el caracol, con el 10% o menos. Solamente el 3% del trabajo de investigación ha sido sobre el pulpo, que es el segundo producto pesquero en el Estado de Yucatán. Sin embargo, en su conjunto el 58% del trabajo científico del departamento se ha ocupado de especies originarias de Yucatán y, como ya se dijo antes, el 95% de las investigaciones se han realizado en esta región.

A pesar de lo anterior, sólo en 1989 y 1990 se obtuvo financiamiento del gobierno de Yucatán para proyectos de investigación, que representa 6.69% del monto total captado por el departamento. El presente análisis se considera de utilidad para que nuestras autoridades puedan gestionar con mayor facilidad apoyos adicionales por esta vía, en la medida que el trabajo científico del Departamento de Recursos del Mar está contribuyendo a un mejor estudio de los recursos renovables del Estado de Yucatán.

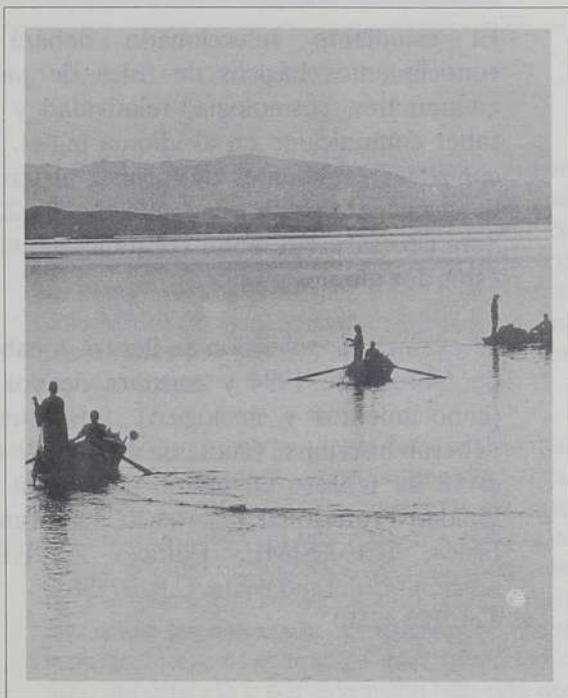
Conclusión

A partir de los objetivos del Departamento de Recursos del Mar, que son la formación de recursos humanos y el trabajo de investigación que contribuyan a un aprovechamiento racional y sostenible de los recursos marinos de la Península de Yucatán, así como la conservación de los ambientes naturales de la región, se tiene que casi todas las investigaciones se han realizado en el área geográfica de la Península de Yucatán. En relación a las ciencias marinas, se observa que los trabajos desarrollados han sido en ocho diferentes disciplinas (figura 5). Por lo que se refiere a las especies objeto de investigaciones, 58% han sido para recursos de la región. Varias especies de interés regional e incluso nacional como camarón, ostión y pulpo, han sido poco estudiadas y menos aún en las áreas de biología y acuicultura. Lo anterior se debe en parte a la propia localización de la Unidad Mérida, a 30 Km de la línea de costa, y a que su infraestructura experimental para biología marina y maricultura es muy limitada. Esta dependencia y su programa de posgrado en biología marina son los únicos en el país que no

cuentan hoy en día con una estación marina. La necesidad anterior ha sido planteada y se espera que en un esfuerzo conjunto de los gobiernos federal y estatal así como de nuestra propia institución pueda cristalizar en tres planos de acción: un fortalecimiento de la infraestructura física del área marina en la propia Unidad Mérida, la construcción de una estación marina no sólo para los investigadores de la Unidad Mérida, sino para todos aquellos grupos científicos del Cinvestav que requieren instalaciones de esta naturaleza, y en tercer lugar el acceso permanente a una embarcación pesquera-oceanográfica. 

Notas

1. D. Aldana Aranda, *Avance y Perspectiva* 11, 203 (1992).
2. D. Aldana Aranda, *Investigación y Desarrollo*, No. 4, *La Jornada* (julio de 1993).
3. Los datos de proyectos de investigación y productos de investigación fueron proporcionados por la Administración y el Laboratorio de Percepción Remota de la Unidad Mérida. El análisis de la información y la representación gráfica fueron realizados por la Biól. Victoria Patiño Suárez y el Ing. J. Olaf Domínguez Tec.



CONVOCATORIA



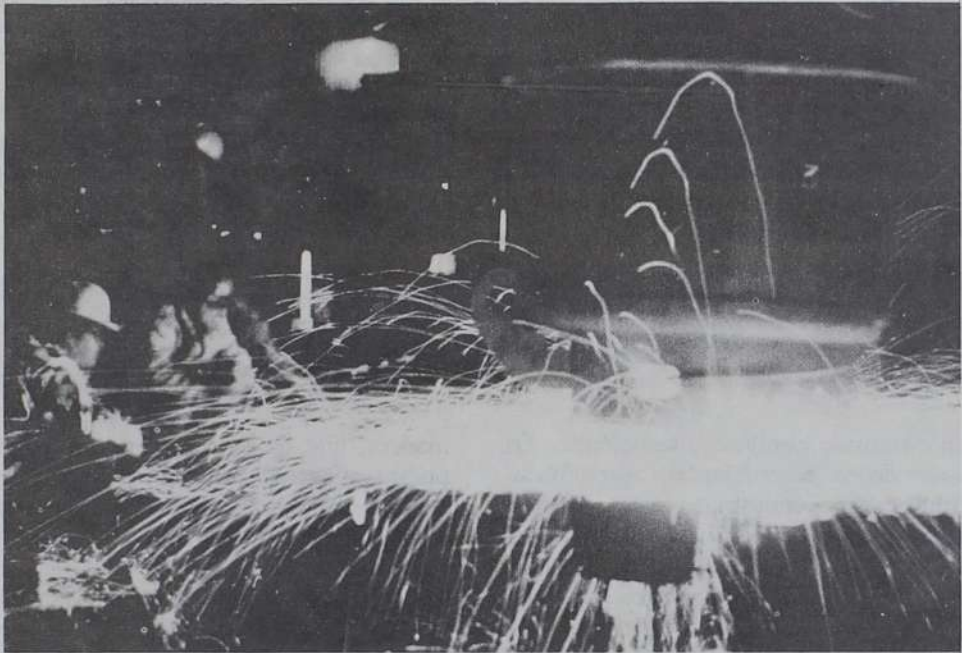
Premio Leon M. Lederman 1994

La Sociedad Mexicana de Profesores de Física (SMPF) convoca a los estudiantes de los programas de licenciatura en ingeniería o ciencias a concursar por el Premio Leon M. Lederman 1994. Este premio consiste en una estancia de verano (julio-agosto) para colaborar con un grupo de investigación en física experimental de altas energías del Laboratorio Nacional Fermi (Fermilab) de los EUA, localizado en Batavia, Illinois. Los gastos de estancia serán cubiertos por el Fermilab y se espera que la institución de procedencia del estudiante premiado cubra el boleto de avión respectivo.

El estudiante seleccionado deberá tener conocimientos básicos de física de partículas elementales, cosmología, relatividad y deberá saber comunicarse en el idioma inglés. Podrán concursar estudiantes del primer al tercer año de licenciatura con edad máxima de 22 años. Será necesario presentar constancias que avalen estos dos últimos puntos.

El examen de selección se llevará a cabo el 25 de febrero de 1994 y constará de dos partes (conocimientos y psicológico). Los interesados deberán inscribirse (cuota de inscripción N\$100) el 18 de febrero en las oficinas de la SMPF, Unidad Profesional Zacatenco, Laboratorio de Física, ICE-ESIME, Edificio Z, P.B., 1a. sección, Col. Lindavista, C.P. 07738, Tel. 754 42 40.

Materiales compuestos, los materiales del siglo XXI



Alejandro Manzano Ramírez

Un material compuesto está formado por una matriz o base metálica, polimérica o cerámica a la que se le añade otro material de refuerzo en forma de fibras, o partículas con el propósito de mejorar ciertas propiedades de la matriz (Fig. 1). Se reconoce¹ que estos materiales tuvieron su origen a principios de los años 60 en los grandes proyectos aeroespaciales y de defensa en Estados Unidos y Europa. A partir de entonces, el campo ha avanzado notablemente, como se lo refleja en

el trabajo de Partidge y Close² y otros. Además, hoy en día los materiales compuestos de matriz metálica han encontrado una gran aplicación y amplio mercado en la industria automotriz^{3,4} y de empaque⁵, debido a su más baja densidad volumétrica (lo que ocasiona un menor peso), a sus mejores propiedades mecánicas y de resistencia al desgaste.

En la actualidad, la gran demanda de nuevas tecnologías ha dado lugar a que los actuales procesos de manufactura requieran de nuevos materiales, ya sea en busca de una reducción de costos o a una optimización en el funcionamiento de los productos. Debido a esto, en los últimos diez años, los materiales compuestos de matriz o base metálica o polimérica han adquirido una gran importancia y por esta razón han sido objeto

El Dr. Alejandro Manzano Ramírez es investigador de la Unidad Saltillo del Cinvestav. Obtuvo su doctorado en metalurgia (Solidificación) en la Universidad de Sheffield, Inglaterra. Su campo de interés es el procesamiento de nuevos materiales y solidificación de aleaciones no ferrosas (principalmente de aluminio y zinc).

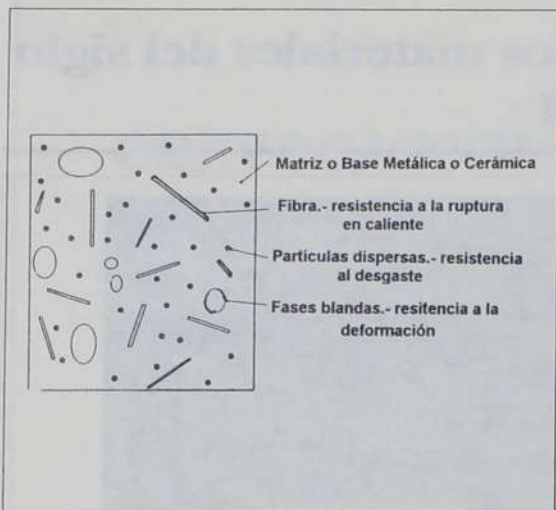


Fig. 1 Distribución y efecto que producen diferentes tipos de elementos de refuerzo¹.

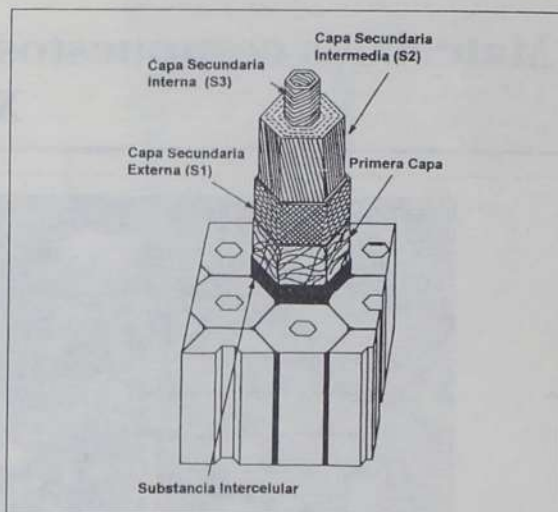


Fig. 2. Modelo simplificado de la estructura de las paredes de la celda de madera⁷.

de un gran desarrollo científico y tecnológico. En países desarrollados como Japón, aproximadamente 38 importantes industrias y 40 centros de investigación y universidades han invertido una gran cantidad de recursos económicos y humanos en el campo de materiales compuestos de matriz metálica⁶.

No obstante, es interesante indicar que los materiales compuestos han existido siempre en forma natural. Un ejemplo extraordinario es la

madera, que es precisamente un material compuesto reforzado con fibra natural⁷. Una de sus propiedades mecánicas más importantes es la resistencia a la tensión específica, la cual se define como el cociente de la resistencia a la tensión/densidad volumétrica. En la tabla 1 se aprecia cómo la resistencia específica de la madera es mayor que la del acero y el concreto. La razón de dicho valor elevado está dada por la estructura interna del material. La figura 2 ilustra esta estructura para el caso del pino⁷.

Tabla 1
Tabla comparativa de propiedades de diversos materiales⁷.

Material	Gravedad específica	Resistencia a la tensión (MNm ⁻²)	Tensión específica (MN ⁻²)	Módulo de elasticidad (GNm ⁻²)	Módulo específico (GNm ⁻²)
Madera de abeto	0.46	104	226	10	22
Madera de pino	0.5	110	220	10	22
Acero maleable	7.9	459	58	203	26
Aluminio (Duraluminio)	2.8	247	88	69	25
Concreto	2.5	4	2	48	19
PVC rígido	1.5	59	39	2.4	1.7
Poliéster	1.8	276	153	18	10
Epoxy	1.8	1,100	611	45	25

Considerando la gran importancia económica que representan las industrias de alto volumen de mercado, como la automotriz, los materiales compuestos de matriz metálica (MMC) son parte de los nuevos materiales que más prometen, ya que pueden satisfacer los nuevos requerimientos ingenieriles propiciados por normas gubernamentales o estándares de calidad (principalmente baja densidad y excelentes propiedades mecánicas)⁴. De esta manera, por ejemplo, el peso del vehículo puede ser reducido para mantener un bajo consumo de combustible. Entre otros de los beneficios o ventajas que se reconocen a estos materiales⁸ se encuentran: una me-

jora en el funcionamiento del motor, una reducción del ruido y vibraciones, así como también un menor mantenimiento. En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de piezas y la razón por la que se han utilizado materiales compuestos de matriz metálica para su fabricación.

Los MMC pueden ser producidos por varios métodos, como son:

Vaciado en arena: Las lentas velocidades de solidificación obtenidas en los moldes de arena permiten un efecto boyante tan considerable que se promueve la segregación de partículas. De-

Tabla 2
Aplicaciones factibles de materiales compuestos de matriz metálica en componentes automotrices.⁸

Sistema	Componente	Justificación
Máquina	Corona del pistón	Resistente a alta temperatura, fatiga, desgaste
	Válvula	Resistente a alta temperatura, fatiga, desgaste
	Balancín	Peso, dureza y resistencia al desgaste
	Válvula	Resistente a alta temperatura, fatiga, desgaste
	Pasador de articulación	Dureza específica, resistencia al desgaste y fractura a alta temperatura
	Block de cilindros	Resistencia al desgaste, baja fricción, peso
	Biela	Dureza específica, peso
Suspensión	Asientos	Amortiguamiento y dureza
Sistema de impulsión	Horquillas	Resistencia al desgaste, peso impulsión
	Flecha motriz	Dureza específica, resistencia a la fatiga
	Engranés	Resistencia al desgaste, peso
	Ruedas	Peso
Caja de velocidades	Chumaceras de caja de engranes	Resistencia al desgaste, peso
	Chumaceras del diferencial	Resistencia al desgaste, peso
	Bombas	
Frenos	Rotores de discos	Resistencia al desgaste, peso
	Calibradores	

pendiendo de su dureza, la superficie de estos materiales con una alta concentración de partículas puede presentar excelentes propiedades tribológicas (de fricción, resistencia al desgaste y lubricación).

Inyectado en molde permanente: Gracias a este método, debido a las relativamente altas velocidades de solidificación en moldes metálicos, generalmente se obtiene una distribución más homogénea de partículas, por lo que el comportamiento tribológico es más uniforme en el material.

Vaciado centrífugo: Las partículas de refuerzo, incorporadas al metal, presentan una distribución volumétrica preferencial debido a la aceleración centrífuga en los moldes rotatorios. Por ello las partículas menos densas, por ejemplo de grafito, se encuentran segregadas cerca del eje rotatorio, obteniéndose de esta manera una mayor resistencia al desgaste o un mejor lubricado en piezas tales como bujes o en partes internas de cilindros.

Compo-colado: Este proceso, desarrollado en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), para el procesamiento de materiales novedosos, permite que partículas o fibras discontinuas de SiC, Al₂O₃, grafito o carburo de boro sean agregadas al metal, parcialmente solidificado durante una agitación vigorosa del metal. En esta forma, las partículas o fibras del material de refuerzo son atrapadas mecánicamente entre las partículas sólidas esferoidales del metal base (Fig. 3). Una característica importante del semi-sólido metálico (o pasta metálica) es que presenta tixotropía, propiedad por la cual la viscosidad aparente del semi-sólido disminuye conforme la velocidad de corte aumenta.

Infiltración de preformas bajo presión: Involucra la infiltración de preformas o camas empacadas, bajo la acción de una presión unidireccional, para producir piezas libres de porosidad y con una forma geométrica casi libre de maquinado (Fig. 4). Este proceso ha sido objeto de importantes estudios básicos⁹ por parte del grupo de solidificación del MIT y actualmente tiene una gran aceptación en la industria auto-

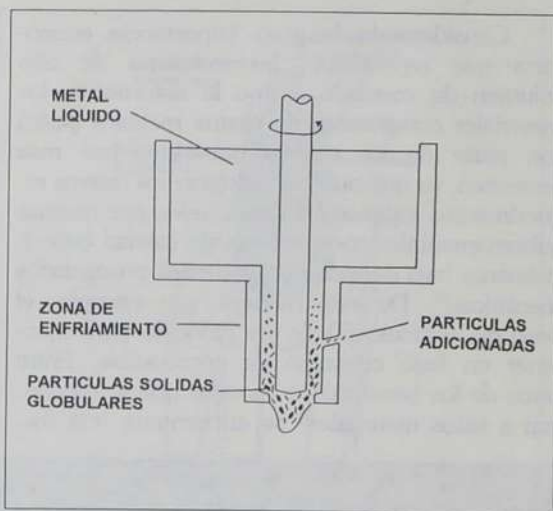


Fig. 3. Proceso de compocolado.

motriz para fabricar pistones de aluminio reforzados con fibras de aluminosilicatos par máquinas diesel.

Debido a la gran importancia que representa en el mundo del procesamiento de nuevos materiales, o como una alternativa para el mejoramiento de materiales comerciales existentes, en la Unidad Saltillo del Cinvestav se inició en 1991 el estudio del procesamiento de materiales agitados en el estado semisólido (reocolado) y

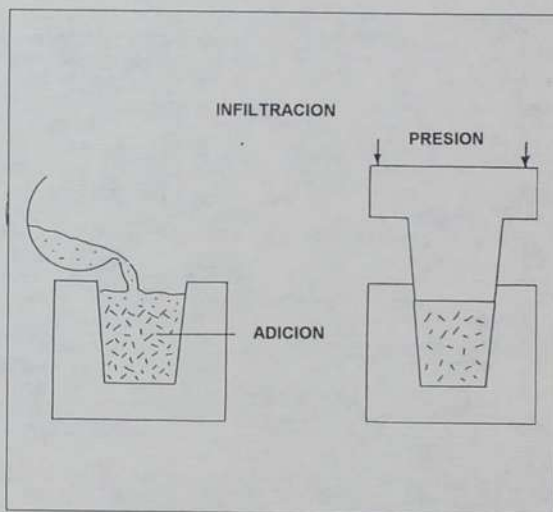


Fig. 4. Proceso de infiltración de preformas.

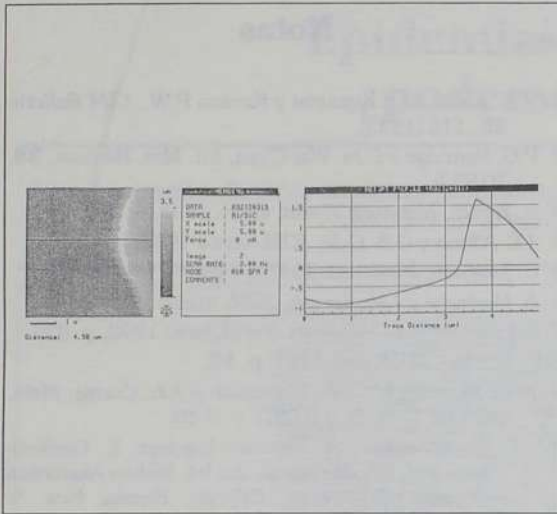


Fig. 5. Análisis en 3D utilizando el microscopio de fuerza atómica. Sección analizada y perfil de altura ¹¹.

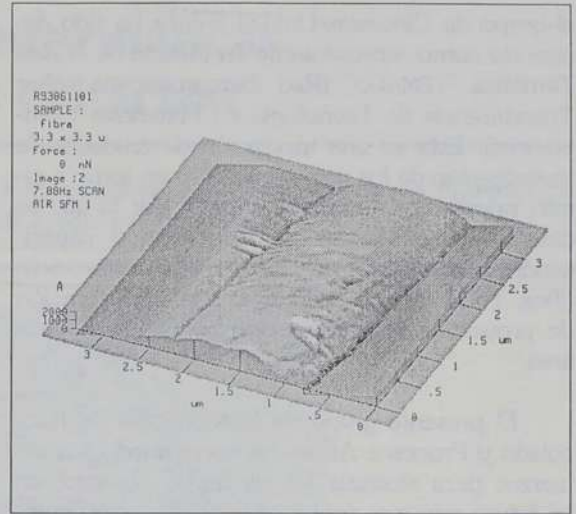
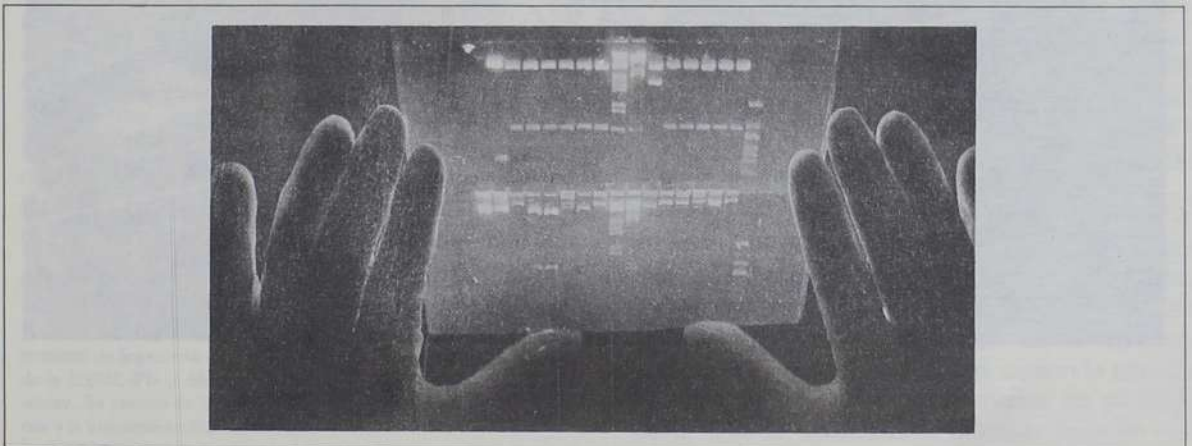


Fig. 6. Análisis en 3D de fibra de carbono utilizando microscopio de fuerza atómica ¹².

procesos afines entre ellos la tixorefinación de aleaciones comerciales de aluminio y el compocolado de materiales compuestos de Al/SiCp. Hasta el momento, en el caso de la tixorefinación de aleaciones base aluminio¹⁰, los resultados preliminares han indicado la factibilidad de eliminar elementos considerados como impurezas (Fe y Zn, entre otros) en la aleación 380 del sistema aluminio-silicio. Con esto sería posible obtener piezas como cabezas de cilindros y múltiples de admisión con bajo contenido de elementos nocivos. Por otra parte, en el caso del compocolado, manzano *et al.*¹¹ han podido definir cualitativamente el grado de continuidad que existe

en la intercara partícula de refuerzo (SiC)/matriz metálica (Al) (Fig. 5) Por otra parte, se ha iniciado el estudio de las propiedades microestructurales de las fibras de carbono CVD, con el propósito de correlacionar las propiedades ópticas con la topografía superficial de las fibras usando microscopías de tunelamiento y de fuerza atómica. Los resultados preliminares¹² indican estructuras parecidas a las de películas de carbono depositadas por pulverización catódica, (Fig. 6). Además, y como resultado de la infraestructura que se cuenta para el procesamiento de material recolidado, semi-sólido metálico agitado mecánicamente, así como la calidad de los trabajos realizados en esta área,



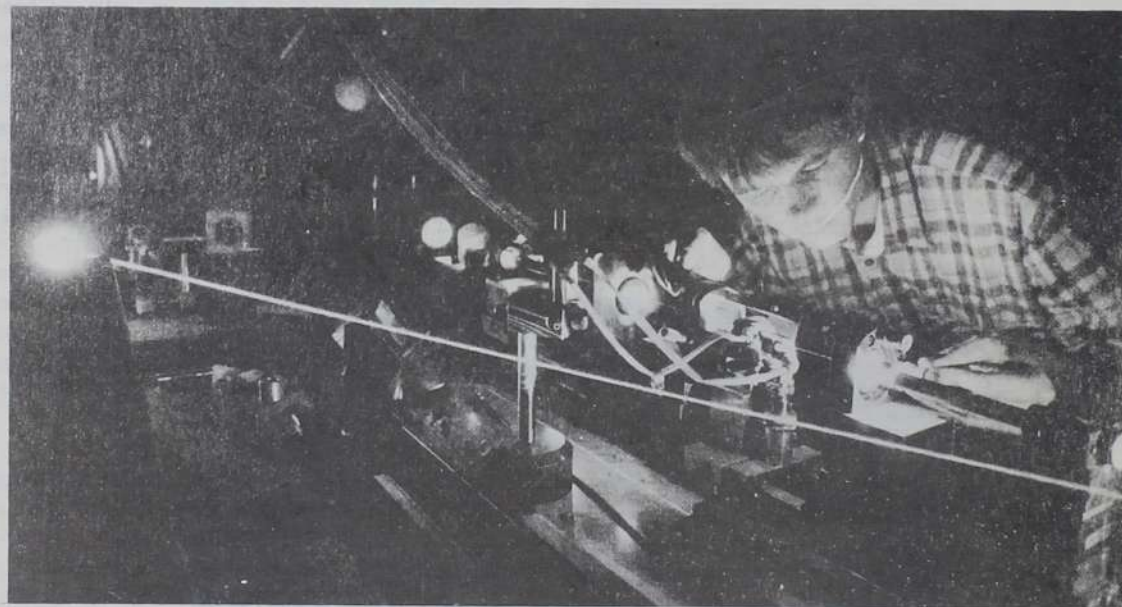
el grupo de Cinvestav-Unidad Saltillo ha sido designado como representante en México de la Red Temática "TEMACO" (Red Iberoamericana sobre Transferencia de Tecnología en Materiales Compuestos). Esta es una asociación de unidades de investigación de los países miembro en tomo a temas prioritarios de interés común, por lo que se desarrollan actividades de formación y capacitación, intercambio, movilidad e interacción científica. Todo esto ha dado lugar a la estructuración de proyectos de investigación conjuntos en esta área.

El presente grupo de investigación de Recolado y Procesos Afines ha concentrado sus esfuerzos para alcanzar los siguientes objetivos en un futuro cercano: propiciar la colaboración entre centros de investigación a sectores productivos a fin de promover y actualizar, dentro de la industria mexicana, el procesamiento de nuevos materiales.



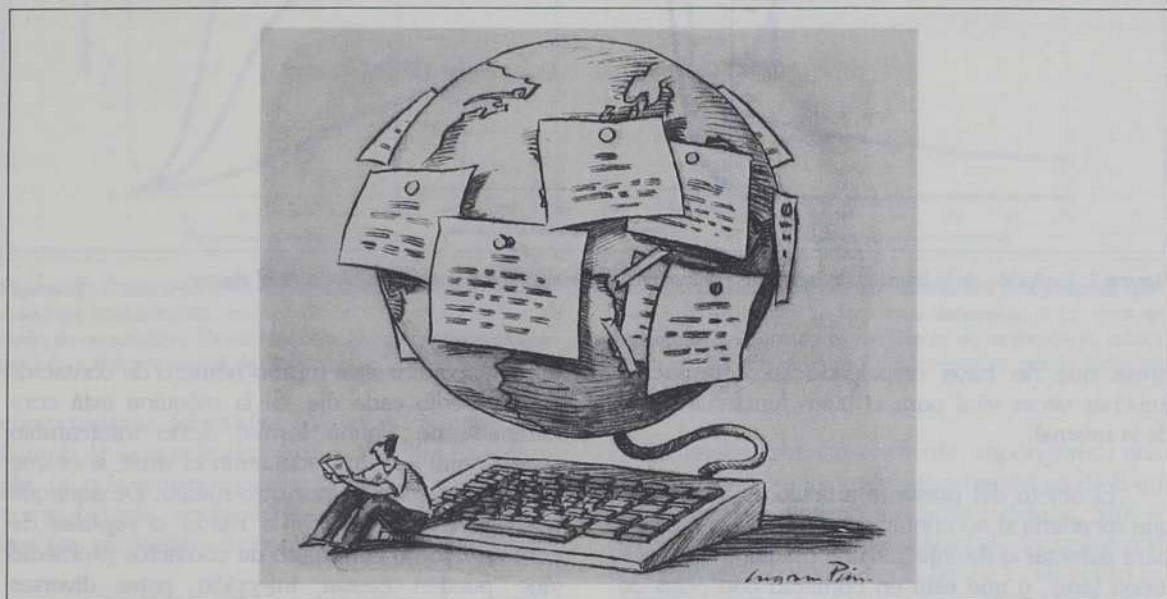
Notas

1. W.F. Caley, G.J. Kipouros y Kinston P.W., *CIM Bulletin* **86**, 116 (1993).
2. P.G. Partridge y C.M. War-Close, *Int. Met. Reviews*, **38**, 1(1993).
3. A. Brown, *Materials World*, enero 1993, p. 20.
4. J.E. Allison y G.S. Cole, *JOM*, enero 1993, p. 19.
5. C. Zwebem, *JOM*, julio 1992, p. 15.
6. A. Mortense y J.M. Koczak, *JOM*, marzo 1993, p. 10.
7. E.J. Gibson E.J., *Materials World*, junio 1992, p. 333.
8. P. Rohatgi, *JOM*, abril 1991, p. 10.
9. M.C. Flemings M.C., A. Mortensen y J.A. Cornie, *Meta. Sci. and Tech.* **5**, 3 (1987). p. 3-10.
10. E. Nava-Vázquez, A. Manzano-Ramírez, E. Cordova-Rivera y M. Méndez-Nonel, 3rd Int. Molten Aluminium Processing Conference, Orlando, Florida, Nov. 9-10 1992, p. 273.
11. A. Manzano-Ramírez, E. Nava Vázquez y C. Vázquez-López, *Scripta Metallurgica et Materialia* (en prensa).
12. F. Ruiz *et al.*, 4a. Reunión de trabajo sobre espectroscopías ópticas, Inst. de Física, UAP junio 17-18, 1993.



Epidemias informáticas, ¿podemos evitarlas?

La propagación de virus en sistemas de computadoras personales se puede atacar con métodos ya conocidos en el control de epidemias biológicas.



Arturo Morales Acevedo

Virus en computadoras

Cada día hay mayor preocupación en el mundo de los sistemas de computadoras como consecuencia de la proliferación de los llamados *virus* o *caballos de troya*, programas ocultos que se transmiten de computadora a computadora cuando se intercambia información a través de diskettes o por medio de sistemas de comunicación (redes o boletines electrónicos).

El Dr. Arturo Morales Acevedo, investigador titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, es ingeniero egresado de la ESIME-IPN y doctor en ciencias (Ingeniería Eléctrica) del Cinvestav. Su campo de interés es la aplicación de sistemas fotovoltaicos y la instrumentación electrónica.

En las computadoras personales, los virus generalmente pasan inadvertidos durante cierto tiempo, alojándose en alguna localidad de los discos duros (por lo general, en el sector de arranque o tabla de particiones) e infectan los diskettes que pasan por ellas; otras máquinas se *contagian* a través de los programas o datos grabados en los diskettes. Luego, de pronto, hacen su aparición causando diversos tipos de daño.

Sus efectos son bien conocidos. Por ejemplo, algunos virus son prácticamente inofensivos, pues en determinadas fechas tan sólo hacen aparecer mensajes irrelevantes en el monitor. Pero en los casos más drásticos causan la pérdida de todos los archivos almacenados en el disco duro, con el consecuente desastre para la em-

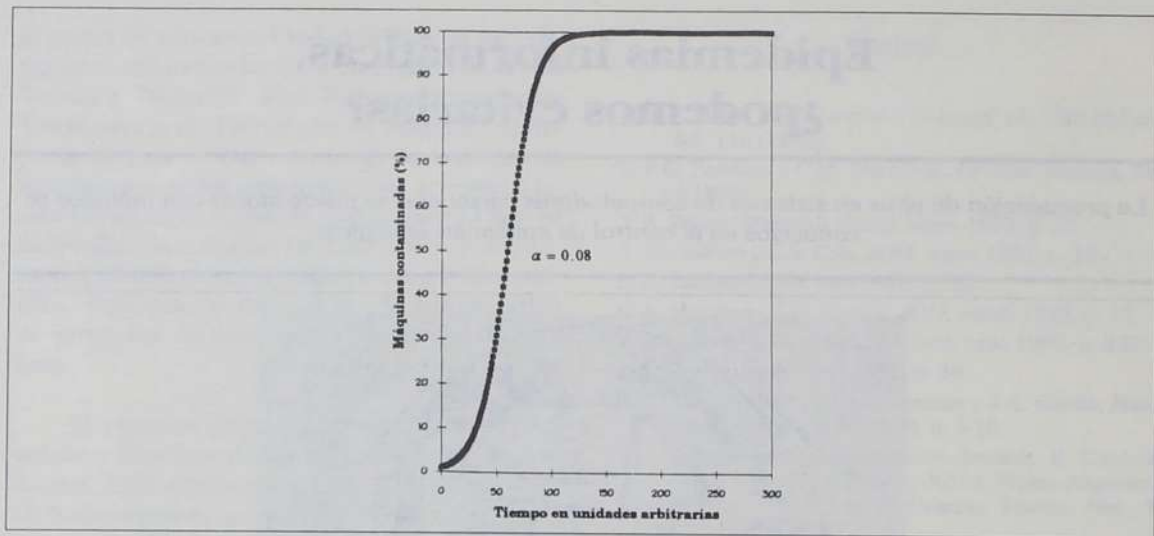


Figura 1. Evolución de la fracción de máquinas contaminadas por algún virus cuando no hay control alguno.

presa que no haya respaldado su información (muchas veces vital para el buen funcionamiento de la misma).

El objeto del presente artículo es analizar lo que sucedería si no contáramos con algún método para detectar o desinfectar una máquina que contenga virus, y que esté en contacto con otras de manera continua. Este análisis nos indicará también, con ayuda de las computadoras mismas, qué tan importantes pueden ser los medios de vacunación que hay actualmente. Asimismo, nos dará una guía para establecer alguna estrategia que evite las infecciones que puedan ocurrir en cualquier empresa, dependencia o institución educativa, donde proliferan los peligrosos virus.

Conceptos epidemiológicos

En todo sistema informático integrado, una computadora puede tener cierto número (promedio) de contactos con máquinas similares por los mecanismos ya indicados. Así, por ejemplo, en un período de un mes una computadora puede tener 30 contactos en promedio (una diaria) con diferentes máquinas dentro de una empresa dada. En contraste, en una escuela de computación es

típico encontrar este mismo número de contactos en promedio cada día. Si la máquina está contaminada de alguna forma, dicho intercambio causará que las otras adquieran el virus, si es que no lo han hecho ya por otro medio. De aquí que sea conveniente definir la *razón* o *rapidez de contagio* como el número de contactos promedio (que pueden causar infección entre diversas máquinas) en cada unidad de tiempo. Dicha razón la simbolizaremos por α .

Si no hubiese forma de detectar y curar las computadoras contaminadas, y el contacto entre máquinas fuese inevitable, la situación sería desastrosa (algo similar a esto ocurre actualmente con el SIDA, a nivel biológico). Para cuantificarlo hagamos un poco de matemáticas elementales.

Denotemos por $Y(t)$ la fracción de computadoras contaminadas al tiempo t con respecto al total de computadoras en nuestro sistema. La fracción de computadoras no infectadas será entonces

$$X(t) = 1 - Y(t). \quad (1)$$

Si asumimos que cualquier computadora tiene la misma probabilidad de infectar a otra o de ser infectada por otra, la razón de cambio de

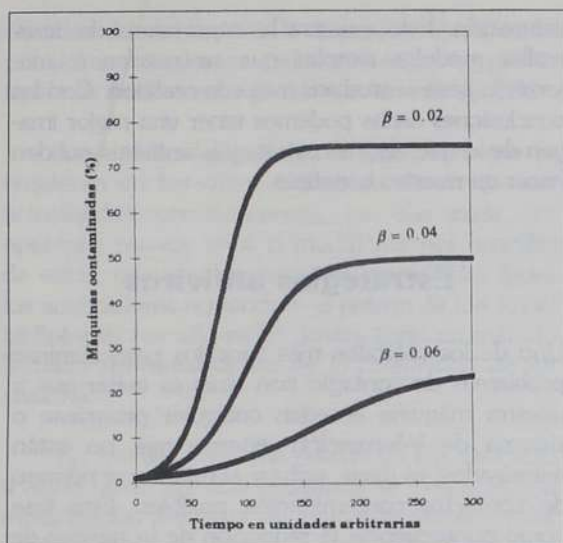


Figura 2. Comparación del crecimiento de la población de máquinas contaminadas en función del tiempo al cambiar la razón de vacunación. La razón de contagio se mantuvo constante ($\alpha = 8\%$ por unidad de tiempo).

computadoras infectadas ΔY en un intervalo de tiempo Δt se puede expresar de manera muy simple, ya que será proporcional tanto al número de computadoras contaminadas como de aquellas que son susceptibles de contaminarse al tiempo t:

$$\Delta Y / \Delta t = \alpha X Y = \alpha Y [1 - Y]. \quad (2)$$

Si cada intervalo de tiempo lo consideramos unitario (un mes, un trimestre, un año, o cualquier unidad apropiada) tendremos que al tiempo $t+1$, $\Delta Y = Y(t+1) - Y(t)$ y $\Delta t = 1$,

$$Y(t + 1) = Y(t) + \alpha Y(t) [1 - Y(t)], \quad (3)$$

lo cual nos da una forma rápida para determinar lo que sucederá con el número de máquinas infectadas a medida que transcurre el tiempo.

La ecuación (3) está expresada de tal manera que la podemos fácilmente poner en una hoja de cálculo, pues basta con escribirla una sola vez y replicarla en celdas adyacentes, tantas unidades de tiempo transcurrido como queramos visualizar. Por ejemplo, supongamos que tenemos una población de 100 computadoras y que, a un tiempo inicial, tenemos una sola computadora

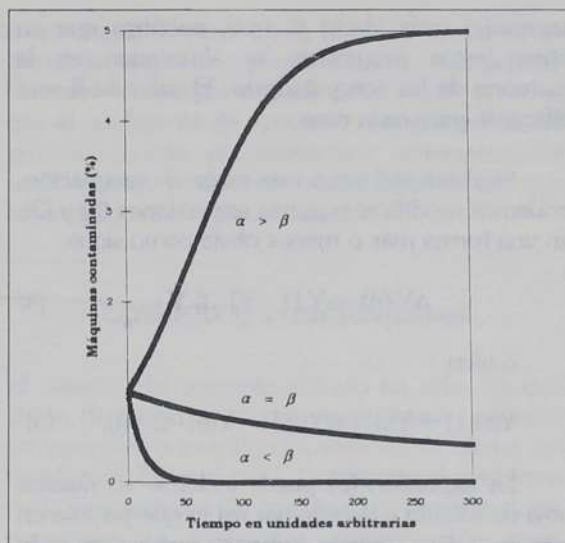


Figura 3. Demostración de que la relación β/α (llamada coeficiente de extinción de los virus) determina si un virus se propaga o no. Cuando el coeficiente de extinción es mayor que la unidad, los virus no se propagan, y por lo tanto no habrá epidemia.

contaminada. Simultáneamente, supongamos que el número de contactos contaminantes es de 8 en cada unidad de tiempo. En otras palabras, $Y(0) = .01$ y $\alpha = 0.08$. El crecimiento de la población contaminada se ilustra en la figura 1, tal como se obtiene, en menos de un minuto, a partir de una hoja de cálculo como LOTUS 123. La variación observada se aproxima a un crecimiento exponencial hasta alcanzar la totalidad de la población. Esto, evidentemente, sería catastrófico, y por ello todos tememos una epidemia en la que no podemos detectar o vacunar al virus que lo causa.

Por fortuna, si se trata de virus conocidos ya existen vacunas y es posible detectarlos incluso antes de que causen algún daño. Así que también es conveniente definir una razón o rapidez de vacunación como el número de veces en promedio que se detecta y elimina un virus en computadoras contaminadas, en cada unidad de tiempo, y la denotaremos por β . Este número dependerá de la tecnología utilizada para detectar virus y vacunar en las computadoras, así como de la estrategia utilizada para evitar cualquier contaminación. Por ejemplo, en algunos lugares se usan programas de reconocimiento de virus (*virus*

scanners) cada cierto tiempo; mientras que en otros, estos programas se almacenan en la memoria de las computadoras. El valor de β será diferente para cada caso.

Si ahora incluimos esta razón de vacunación, podemos modificar nuestras expresiones (2) y (3), en una forma más o menos obvia como sigue,

$$\Delta Y/\Delta t = \alpha Y [1 - Y] - \beta Y, \quad (4)$$

o bien

$$Y(t+1) = Y(t) + \alpha Y(t) [1 - Y(t)] - \beta Y(t). \quad (5)$$

La expresión (5) puede incluirse en nuestra hoja de cálculo y determinar así lo que pasaría en este caso. Por ejemplo, supongamos que en cada período se vacunan dos computadoras contaminadas, en promedio, de la población de 100 consideradas en el ejemplo anterior. Es decir, en este caso $\beta = 0.02$. Lo que sucedería se ilustra en la figura 2. El crecimiento sería rápido al principio, pero después se saturaría en 75% como consecuencia de la vacunación de las computadoras. Si β cambiara a 0.04, el nivel de saturación sería de 50%. Si β fuese 0.06, el nivel de saturación sería de sólo 25%. Lo anterior no es obvio y sólo podremos concluirlo después de realizar los cálculos mencionados.

Es fácil comprobar, mediante la misma hoja de cálculo, que el nivel de saturación dependerá de la relación de β/α y no de los valores absolutos de estos coeficientes. Es decir, Si $\beta = 0.4$ y $\alpha = 0.8$, el nivel de saturación será de 50%, aunque este se alcanzará más rápidamente que cuando $\beta = 0.04$ y $\alpha = 0.08$. Por eso, la relación β/α es conocida como coeficiente de extinción de los virus entre los epidemiólogos biológicos.

Notemos ahora lo que sucede cuando β/α es mayor que la unidad, lo cual mostramos en la figura 3. Lo que sucede es que la epidemia desaparece después de un cierto tiempo. Simplemente, el virus se propaga sólo a unas cuantas computadoras y luego desaparece. O sea que existe un umbral ($\beta/\alpha = 1$) arriba del cual no habrá epidemia alguna, una conclusión que es bien recibida, mucho más que la del nivel de

saturación. Esto muestra la importancia de desarrollar modelos simples que se pueden ir mejorando para reproducir mejor la realidad. Con las conclusiones dadas podemos tener una mejor imagen de lo que algunas estrategias antivirus pueden hacer en nuestro beneficio.

Estrategias antivirus

Uno de los métodos más sencillos para eliminar problemas de contagio con virus es evitar que a nuestra máquina accedan cualquier programa o sistema de información externo que no estén autorizados; es decir, reducir al mínimo el número de contactos contaminantes posibles. Esto trae como consecuencia la reducción de la rapidez de contagio (α). Desafortunadamente, esto no nos asegura que mediante el intercambio autorizado de información no se contaminen las computadoras. Como vimos, todavía es posible que puedan llegar a contagiarse todas las máquinas. Así que a lo anterior deberíamos agregar una revisión periódica de cada computadora con el objeto de incrementar el coeficiente de extinción por arriba del umbral.

Una mejoría respecto al procedimiento anterior sería el que todo programa o diskette externo fuese revisado para detectar algún virus conocido previamente al intercambio de información, con lo cual, en teoría, tendríamos con toda seguridad un coeficiente de extinción arriba del umbral. Sin embargo, esto tendría que hacerse en todas las máquinas, todo el tiempo, lo cual no es muy práctico.

Un paso más adelante es tener programas centinela almacenados en la memoria de las computadoras, de forma que, al incidir cualquier virus (conocido), se detecte y se le comunique al usuario, ya sea para evitar la información contaminada o para vacunar su computadora y la que le dio origen. Esto es sencillo y muy útil cuando la información se recibe a través de sistemas de comunicación (redes o boletines electrónicos). El inconveniente es que se bloqueará algo de la memoria RAM de la computadora y podrá causar conflictos con algunos programas. Por fortuna, la

cantidad de memoria RAM disponible en las computadoras actuales es cada vez mayor y, por lo tanto, se tiene menos problemas en este sentido.

Los analizadores de virus (*scanners*) que se requieren en los casos anteriores tienen que ser actualizados continuamente, ya que cada vez aparecen nuevos virus o modificaciones sencillas de estos, que pueden pasar desapercibidos (pues los analizadores no tendrán el patrón de bits en su biblioteca). Por ello se ha desarrollado un método llamado *Administración de la integridad de un sistema*.

En vez de buscar un patrón de bits asociado a algún virus, en este programa se busca alguna modificación anómala de partes importantes del sistema (sector de arranque o tabla de particiones de los discos duros, intérprete de comandos o los programas ocultos del sistema operativo), las cuales son utilizadas por métodos generales para que los virus se reproduzcan o transmitan de una computadora a otra. Esto tiene la ventaja de que se podrán detectar incluso nuevos virus, pero ocasionalmente también interferirá con algún programa que en forma normal cause modificaciones al sistema, similares a las provocadas por los virus. En definitiva, esta es una de las mejores formas para evitar problemas con la propagación de virus, en especial si se combina con revisiones periódicas con los analizadores de virus.

Todas las técnicas mencionadas traerán como consecuencia un incremento del coeficiente de extinción, ya sea mediante la reducción de la razón de contagio o mediante el incremento de la razón de detección y de vacunación. De ahí vemos la importancia del coeficiente de extinción y de las conclusiones que hemos obtenido a partir de nuestro modelo tan simple.


Una práctica recomendable para reducir aún más los problemas virales en las computadoras es tener un grupo o centro de acopio (puede ser una sola persona) en una organización, a quien se le indica cualquier aparición de algún virus, de forma que en cuanto se detecte, este centro se encargue de vacunar todas las computadoras y que, además, tenga una estadística de los virus que hayan causado problemas. Así se podrá in-

cluso seguir la pista de la fuente (interna o externa) del virus correspondiente. Con esto definitivamente tendremos el caso de la figura 3, en el que el coeficiente de extinción está por arriba del umbral, y sólo encontraremos ocasionalmente unas cuantas máquinas contaminadas sin que haya peligro de epidemia alguna.

Epílogo y conclusiones

El objetivo del presente artículo ha sido dar una visión de la forma en que normalmente procede un ingeniero o investigador ante un problema determinado. En este caso, la solución al problema de la propagación de los virus en computadoras personales se inicia por analogía con otros fenómenos (epidemias biológicas), se definen nuevos conceptos o se utilizan algunos ya establecidos en otras disciplinas, para luego desarrollar un modelo propio que, como se mostró, puede ser muy sencillo. A partir de este modelo se cuantifica el fenómeno y se obtienen posibles soluciones al problema.

Si por alguna razón el modelo muestra ninguna o sólo cierta similitud con lo que pasa en la realidad, significa que requerimos de un paso más: refinarlo hasta lograr una comparación lo más fidedigna posible. Por ejemplo, una mejoría a nuestro modelo sería tomar en consideración el intercambio entre diversos subgrupos de computadoras que tengan diferentes razones de contagio y de vacunación internamente. Esto será fácil de analizar a partir del modelo simple que se ha propuesto y puede darnos una mejor cuantificación cuando ocurran fenómenos de localización. Le proponemos al lector interesado que amplie el modelo simple propuesto para tratar casos como éste.

Finalmente, hemos querido aprovechar este espacio a fin de dar una serie de recomendaciones para elegir la mejor estrategia con objeto de evitar problemas con los virus informáticos. 

Sociedad Latinoamericana de Ciencias
de Superficies, del Vacío y sus Aplicaciones (SLACS)

8o. Congreso Latinoamericano de Ciencias de Superficies y sus Aplicaciones

en colaboración con la

Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío

CANCUN, MEXICO, 19-23 de septiembre de 1994

CLACSA-8

CLACSA-8 es la continuación de los Simposios Latinoamericanos de Física de Superficies (SLAFS), el 7o. fue realizado en noviembre de 1992 en Bariloche, Argentina. El Congreso estará constituido por diversos simposios de interés a las ciencias de superficies, del vacío y sus aplicaciones. El programa incluirá conferencias plenarias e invitadas y sesiones orales y de carteles. Habrá exhibición de equipos.

Simposios:

- Películas delgadas (crecimiento y caracterización)
- Análisis de superficies
- Dispositivos de películas delgadas
- Técnicas para imágenes de superficies
- Aplicaciones de Ciencias de Superficies
- Superconductividad en películas delgadas y superficies
- Catálisis y corrosión
- Sistemas cuánticos de baja dimensionalidad
- Vacío, criogenia e instrumentación
- Sistemas mesoscópicos
- Magnetismo en superficies y películas delgadas
- Fenómenos interfaciales en biomateriales

Los trabajos del Congreso serán arbitrados y publicados en alguna revista de circulación internacional.

Los idiomas oficiales son el español, el portugués y el inglés. El idioma de las presentaciones será el inglés.

Los resúmenes deberán ser escritos en inglés en una hoja tamaño carta (21.6 cm X 28 cm) y 2.5 cm de margen. Fecha límite 15 de junio de 1994.

Para mayor información:

Dr. Isaac Hernández-Calderón
CLACSA-8

Departamento de Física, CINVESTAV

Apdo. Postal 14-740

07000 México, D.F.

Fax (52-5) 754-6589

E-mail: clacsa@fis.cinvestav.mx

*Premios Nobel en Ciencias 1993***La Relatividad General como herramienta de alta precisión astronómica****Nora Bretón**

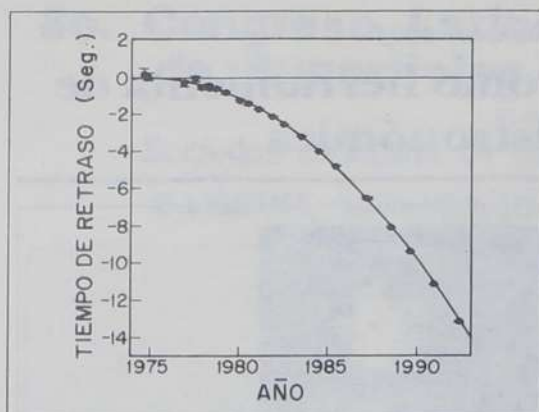
Lo más incomprensible del universo es que sea comprensible
Albert Einstein

En 1974 Joseph Taylor y Russel Hulse trabajando en el radiotelescopio de 305 m del Observatorio de Arecibo descubrieron el pulsar PSR 1913+16. Este pulsar es en realidad un sistema binario formado por dos pulsares. Tras dieciocho años de observaciones continuas, este año, la Academia Sueca ha premiado con el Nobel en Física este descubrimiento. Al confrontar las observaciones de la disminución del período del

doble pulsar con las cifras calculadas para la misma cantidad a partir de la Teoría General de la Relatividad, el excelente acuerdo da evidencia de la existencia de radiación gravitacional y, a la vez, una nueva confirmación de dicha teoría.

La Teoría General de la Relatividad explica la forma en que la materia deforma la geometría del espacio-tiempo. Fue formulada por Albert Einstein en 1915 al exigir la equivalencia de las leyes de la naturaleza en todos los sistemas de referencia. La observación de Taylor y Hulse no es la primera que confirma la teoría. La explicación del efecto de la precesión de la órbita de Mercurio fue una primera muestra de su poder. El perihelio (punto más cercano de la órbita elíptica al Sol) de Mercurio se desplaza casi 5600 segundos de arco cada siglo. Casi la totalidad de este corrimiento se

La Dra. Nora Bretón es investigadora adjunta del Departamento de Física del Cinvestav.



Tiempo de retraso en la órbita del pulsar binario PSR 1913+16 rastreados desde 1974. Los puntos corresponden a los tiempos medidos mientras que la línea es la predicción de la Relatividad General.

explica usando la teoría newtoniana. Sin embargo, existía un incremento de entre 40 y 50 segundos de arco por siglo que quedaba sin explicar. En 1915 Einstein mostró que su nueva teoría daba un avance adicional para la órbita de Mercurio de 43 segundos de arco por siglo.

Este deslumbrante resultado fue anunciado en la Real Academia de Ciencias Prusiana y publicado en sus Memorias en 1916. Además de este éxito, pocos años después, en 1919, Arthur Eddington corroboró otra predicción de la Relatividad General: la deflexión de los rayos de luz debida al Sol. Esta confirmación se obtuvo al comparar la posición de las estrellas cercanas al disco solar durante un eclipse de Sol y la obtenida seis meses después.

No obstante estos hechos, para muchos la Teoría General de la Relatividad no es más que un bello formalismo con poca utilidad. Sin embargo, cuando entran en juego campos gravitacionales muy grandes es preciso tomarla en cuenta. Tal es el caso de algunos objetos en astronomía. Entre éstos están los pulsares. Un pulsar es la última etapa en la vida de las estrellas con masa entre seis y treinta masas solares. Estas estrellas atraviesan primero por una violenta explosión, llamada supernova, la cual es generada por un colapso gravitacional; el remanente de este colapso, una estrella que ha agotado todo su combustible

nuclear quedando compuesta sólo de neutrones, es una bola como de diez kilómetros de radio y una masa de entre una y cuatro masas solares. Este cuerpo compacto, muy denso, que gira sobre sí mismo a una velocidad enorme, es lo que se conoce como una estrella de neutrones o pulsar.

Estos objetos casi no emiten luz visible, pero se detectan astronómicamente por su radiación de ondas de muy baja frecuencia, esto es, ondas de radio (longitudes de onda del orden de centímetros o mayores). En el intenso campo magnético propio de la estrella de neutrones, los electrones radían. El efecto combinado de esta radiación con la rápida rotación alrededor de su propio eje da el resultado de un faro cósmico. El pulsar radía constantemente en una dirección definida por su campo magnético y recibimos la señal cuando el campo magnético apunta hacia nosotros. De modo que la frecuencia de los pulsos de un pulsar corresponde a su frecuencia de giro¹. La detección del primer pulsar fue realizada en 1967 por los astrónomos británicos Jocelyn Bell y Anthony Hewish. Hoy en día se conocen alrededor de trescientos pulsares.

El pulsar binario PSR 1913+16 consiste de un pulsar girando alrededor de otro objeto que, por el comportamiento del sistema, se supone es otra estrella de neutrones. En 1974, Taylor y Hulse registraron pulsos periódicos de 430 MHz de frecuencia y, posteriormente, registraron pulsos con mejor definición en la frecuencia de 1410 MHz. La señal que se recibe es muy débil para permitir la observación de pulsos individuales. Así que las mediciones se hacen sobre una serie de pulsos a lo largo de unos cinco minutos (promedio sincronizado). Tras siete años de mejorar su cronometraje, Taylor y Weisberg² publicaron su análisis sobre la dinámica del doble pulsar. A partir de las mediciones del período propio del pulsar, $P = 0.059s$ (casi diecisiete vueltas alrededor de su propio eje cada segundo), el período de la órbita binaria, $P_b = 7h.45min.$, más las observaciones de la frecuencia de radiación, permitieron determinar la excentricidad de la órbita, $e = 0.617$. Hasta aquí este objeto resultó ser un exactísimo reloj astronómico moviéndose en el tremendo campo gravitacional de su invisible acompañante.

Pero este doble pulsar parece haber sido diseñado como un laboratorio de la Relatividad General, pues presenta todos los efectos relativistas. En forma análoga al movimiento de Mercurio alrededor del Sol, el eje mayor de la órbita del doble pulsar precesa o gira. Sólo que mientras el perihelio de Mercurio recorre 43 segundos de arco por siglo, el PRS 1913+16 barre la friolera de 4.226622 grados al año. Además de esto también se presenta el fenómeno de corrimiento gravitacional al rojo. Este efecto consiste en un cambio en la frecuencia de la luz emitida en función del campo gravitacional. A partir de estos efectos, suponiendo que el sistema consiste de dos estrellas que se comportan como masas puntuales, es posible determinar completamente la dinámica de este sistema. En particular, las masas de los componentes del sistema: dos cuerpos casi iguales de 1.5 masas solares. Hay que notar que este es el único radiopulsar cuya masa ha sido determinada. Por primera vez, la Relatividad General es usada como una herramienta de alta precisión astronómica.

Lo sorprendente vino después. Al girar una masa alrededor de la otra hay una pérdida de energía la cual no se detecta ni como luz ni como radiación de otra frecuencia. Esta pérdida de energía produce que la órbita disminuya en tamaño, con lo cual el período de rotación de una masa alrededor de la otra disminuye con el tiempo. Las observaciones dan una disminución de $2.30 \pm 0.22 \times 10^{-12}$ seg. Ahora bien, si se supone que el pulsar binario es un cuadrupolo masivo que radia ondas gravitacionales, usando la Teoría General de la Relatividad, se calcula la pérdida de energía a través de emisión de radiación gravitacional. Asociada a ésta hay una disminución en el tiempo del período de $2.403 \pm 0.005 \times 10^{-12}$ seg. La increíble concordancia permite inferir la existencia de radiación gravitacional y es además una nueva verificación de la Relatividad General. La existencia de las ondas gravitacionales es conocida en forma teórica casi desde el nacimiento mismo de la Relatividad General y, a partir de los años sesentas, se han hecho esfuerzos infructuosos para detectarlas. La razón de este fracaso es que se trata de una radiación tan débil que los aparatos de detección no logran discriminarla del ruido del ambiente te-

restre. Sin embargo, en el pulsar PRS 1913+16 su presencia no deja lugar a dudas.

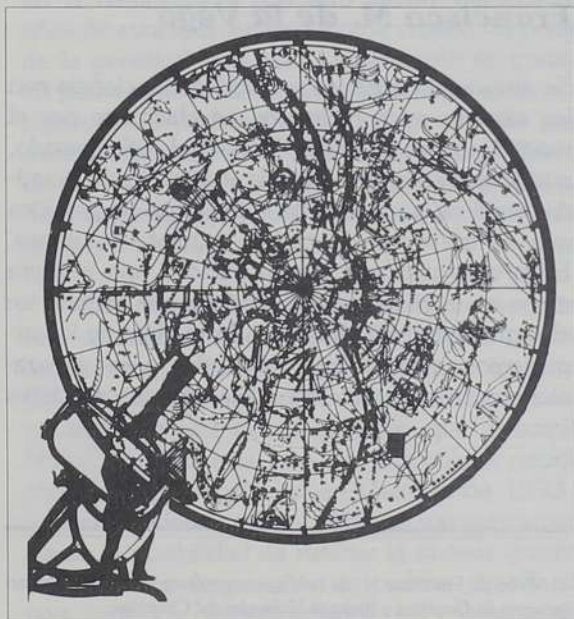
Como consecuencia adicional, se tiene que habrá que replantear el problema de la masa faltante en el Universo tomando en cuenta una radiación gravitacional que por ahora sólo es posible observar indirectamente.

En enero de 1916 Einstein escribió a su amigo Paul Ehrenfest: "Imagina mi alegría ante la viabilidad de la covariancia general y el resultado de que las ecuaciones dan el movimiento correcto del perihelio de Mercurio. Estuve fuera de mí, en éxtasis, durante varios días"³. Seguramente la misma sensación de éxtasis invadiría a Einstein ante los resultados que este año han merecido el premio Nobel de Física.

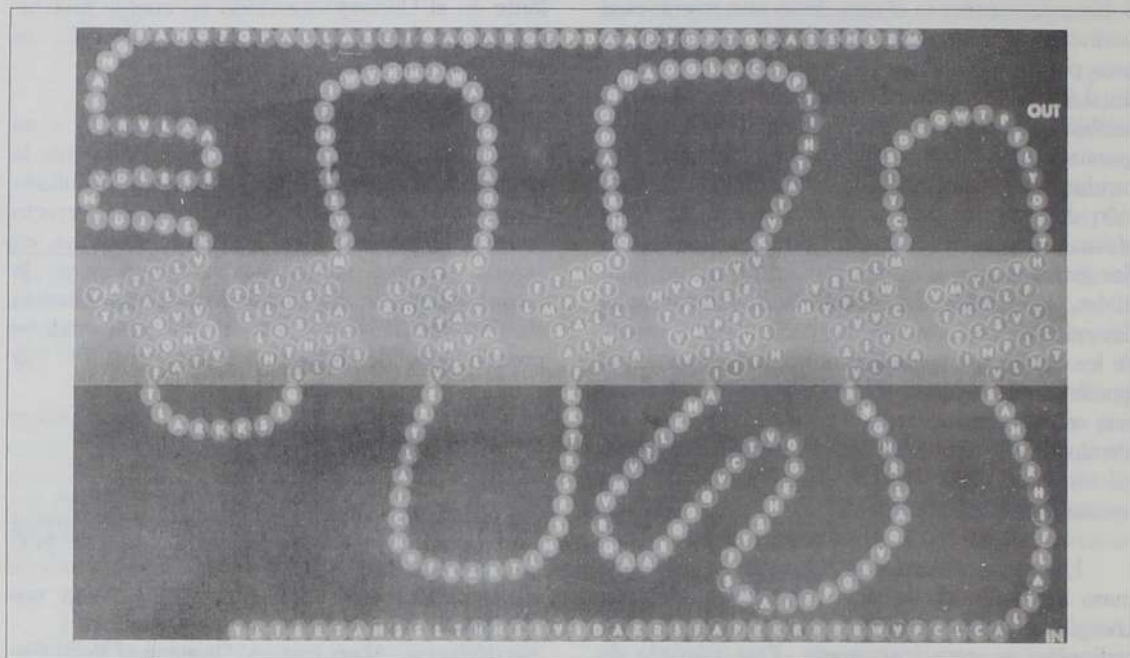


Notas

- 1 S. Hacyan, *Los hoyos negros y la curvatura del espacio-tiempo*. La Ciencia desde México, No. 50 (FCE, México, 1990).
- 2 J. H. Taylor y J. M. Weisbert, *Astrophys. J.* **253**, 908 (1982).
- 3 B. Hoffmann, *Albert Einstein, Creator and Rebel* (The Viking Press, 1974).



El Premio Nobel de Química 1993: Genética *in vitro*



Francisco M. de la Vega

Se dice que la genética se inició como ciencia con los experimentos realizados en chícharos por el monje austriaco Gregor Mendel el siglo pasado, que le permitieron definir la existencia de la unidad mínima portadora de la información genética que se transmite de padres a hijos: los genes. Estas observaciones dieron inicio a una primera etapa en la ciencia de la genética que se basó en el registro de los caracteres observables de los organismos y cómo eran heredados a las generaciones subsecuentes. La búsqueda de caracteres

extraños que sirvieran de marcadores genéticos se llevó a cabo exhaustivamente. La posibilidad de identificar un nuevo gen estaba en función de encontrar una mutación espontánea que resultara en un marcador observable física o metabólicamente (un fenotipo). Dado que las mutaciones espontáneas son eventos relativamente raros por generación, se popularizó el estudio de organismos con ciclos de vida cortos como la bacteria del colon *Escherichia coli*, o la mosca de la fruta, *Drosophilla melanogaster*. A estas estrategias se añadió el uso de los mutágenos químicos o físicos (p. ejem., mostaza nitrogenada y rayos X), con el objeto de aumentar experimentalmente la incidencia de mutaciones. Esto resultó en la identificación de una multitud de genes que poseían marcadores fenotípicos, así como su ordenación en una secuencia lineal o mapa genético.

El M. en C. Francisco M. de la Vega es profesor auxiliar del Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav.



Una segunda etapa de la genética se originó con la identificación y elucidación de la estructura química del material genético de los organismos: el ácido desoxirribonucleico (DNA). James Watson y Francis Crick determinaron en 1953 que el DNA existía en forma de una doble hélice formada por cadenas de nucleótidos de las bases nitrogenadas adenina, timina, guanina y citosina, enrolladas entre sí. Se postuló la existencia de reglas de apareamiento entre las bases adenina-timina y guanina-citosina, lo que explicaba cómo las dos cadenas de DNA con secuencias complementarias podían mantenerse unidas por medio de enlaces individualmente débiles pero colectivamente perdurables. Asimismo, este apareamiento de cadenas complementarias explicaba perfectamente el mecanismo de la perpetuación de la información genética (cada una de ellas podía originar otra idéntica). Watson y Crick fueron los ganadores de una vertiginosa carrera cuyo desenlace fue el premio Nobel en Química de 1962. Por primera vez, esas entidades conceptuales llamadas genes tenían una ubicación física concreta y los mapas genéticos se veían materializados dentro de las largas cadenas de moléculas de DNA enrolladas en los núcleos celulares. Con el esclarecimiento final

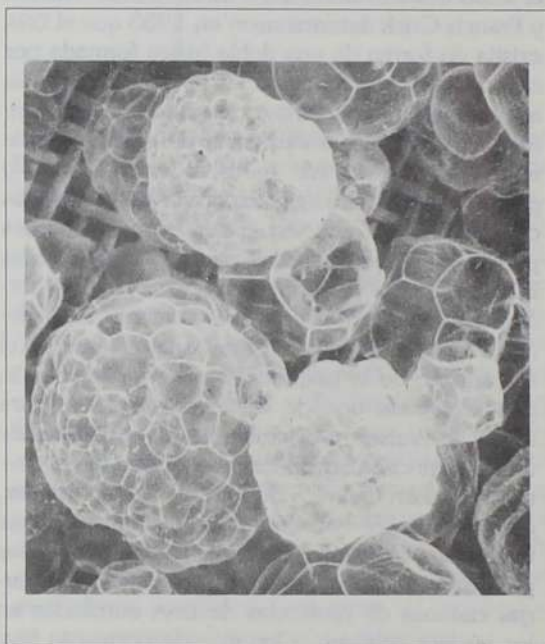
del código genético por H. G. Khorana en 1966 (premio Nobel de Medicina 1968), se supo cómo el mensaje genético en el DNA, codificado por la secuencia de las cuatro bases nitrogenadas que lo constituyen, es traducido en grupos de tres bases a la vez en la secuencia lineal de aminoácidos que especifican las proteínas de cada organismo. Para ello las células utilizan como mediador moléculas de cadena sencilla de ácido ribonucleico (RNA), análogo del DNA, que temporalmente copian y transportan la información génica del núcleo celular al sitio de la síntesis de proteínas. En este punto, la genética pasó del nivel de estudio fisiológico y bioquímico al molecular. La meta implícita era poder llegar a explicar todos los fenómenos genéticos en términos de las moléculas involucradas, sean éstas DNA, RNA o proteínas. La constitución genética del organismo (el genotipo) era el nuevo objeto de estudio, y con el desarrollo de las metodologías de manipulación y secuenciación génica (esta última debida a F. Sanger, premio Nobel de Química en 1980), las investigaciones en genética tenían como meta final el aislamiento y secuenciación de los genes en cuestión. Así nació propiamente dicha la biología molecular, o como se le ha llamado en su encarnación comercial, la *ingeniería genética*. Pronto se vio que con estas técnicas era posible realizar combinaciones de genes que no se habían dado en la naturaleza y con esto alterar millones de años de evolución en un tubo de ensayo. El poder de la genética molecular rápidamente se tradujo en poder económico al ser evidente que estas manipulaciones podían llevar a la creación de productos valiosos, como una insulina más barata y abundante, frutas y verduras más resistentes al almacenaje, vacunas recombinantes y muchas otras novedades biológicas.

Dos descubrimientos relativamente recientes han contribuido a que la genética entre en una tercera etapa. La era de la genética *in vitro*. Estos hallazgos son tan fundamentales en el surgimiento de esta nueva genética, que el comité Nobel reunido este año en Estocolmo decidió otorgar el premio Nobel en Química de 1993 a los descubridores. Ambas técnicas son consecuencia de la posibilidad de realizar la síntesis química de pequeños fragmentos de cadena sencilla de DNA llamados oligonucleótidos, los cuales se sin-

tetizan con la secuencia de bases determinada por el investigador. Los oligonucleótidos sintéticos son más largos que se pueden sintetizar de esta forma son aún muy pequeños comparados con la extensión del gen más diminuto. Sin embargo, la unión de muchos de estos "oligos" ha hecho posible la síntesis de genes pequeños totalmente sintéticos, p. ejem., el gen de la insulina. Michael Smith, de la Universidad de British Columbia en Vancouver, Canadá, observó en 1979 que así como era posible ensamblar genes con oligos, era igualmente posible cambiar la secuencia natural de un gen en estudio por medio de un pequeño oligo diseñado con un cambio específico. Smith advirtió que el oligo mutante podía hacerse aparear, aunque sea imperfectamente, con una cadena de DNA sencilla del gen a modificar. Utilizando una enzima que puede extender el oligo sobre el molde del gen original, es posible obtener una doble hélice de DNA del gen en cuestión conteniendo un punto donde no existe complementación debido al cambio introducido. Un truco que permite ahora eliminar la cadena original, nos deja con una cadena sencilla del DNA mutante que puede de nuevo convertirse en una doble hélice de DNA portando un gen alterado justo donde se dirigió la mutagénesis. De esta manera ya no es necesario esperar la aparición fortuita de una mutación espontánea dentro del gen en estudio, sino que es posible inducir una mutagénesis dirigida al nucleótido deseado. Esta técnica ha permitido la creación de "genes de diseñador", donde la proteína producto de ellos lleva cambios inducidos por el experimentador. De esta forma es posible estudiar el papel de cada uno de los aminoácidos involucrados en la función enzimática de una proteína y, a su vez, diseñar funciones nuevas con aplicaciones biotecnológicas. La *ingeniería de proteínas* había nacido.

Karl Mullis era un especialista encargado de la síntesis de oligonucleótidos en una de las primeras compañías dedicadas a la explotación comercial de la ingeniería genética, la Cetus Corporation. Con el advenimiento de las máquinas que automatizan la síntesis química de oligos por ahí de 1983, anteriormente una técnica muy laboriosa, Mullis quedó con mucho más tiempo para pensar y desarrollar sus ideas. En su mente maquinaba la idea de desarrollar un método que

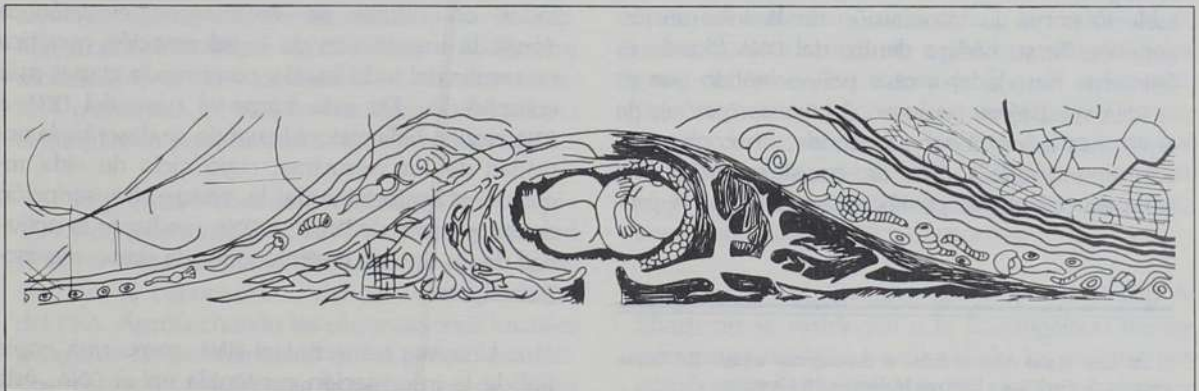
por medio del uso de oligonucleótidos permitiera disponer de grandes cantidades de DNA. Cabe mencionar que una limitación de las técnicas de ingeniería genética es precisamente contar con suficiente material (DNA) para trabajar. Así, según relata Mullis en un artículo aparecido en *Scientific American* en 1990, su mente no dejaba de pensar en esto, aun cuando manejaba su automóvil por una carretera de California un viernes por la noche. Súbitamente detuvo su marcha al darse cuenta que había ideado la forma de amplificar DNA por medio del uso de dos oligos complementarios a los extremos de la región de DNA blanco, utilizando varios ciclos de polimerización con una enzima DNA polimerasa. Era una idea tan estéticamente atractiva y simple, que el asombro de Mullis fue mayor al constatar en la literatura que nadie había pensado (o publicado) esto antes. Una vez obtenida la autorización de su superior en Cetus, Henry Erlich, Mullis realizó una serie de experimentos piloto donde probó su idea con éxito. La reacción en cadena de la polimerasa, o PCR por sus siglas en inglés, era capaz de amplificar cualquier segmento de DNA teniendo dos oligos complementarios a las regiones flanqueantes, apareándolos a una muestra de DNA desnaturizado (donde las dos cadenas del DNA han sido



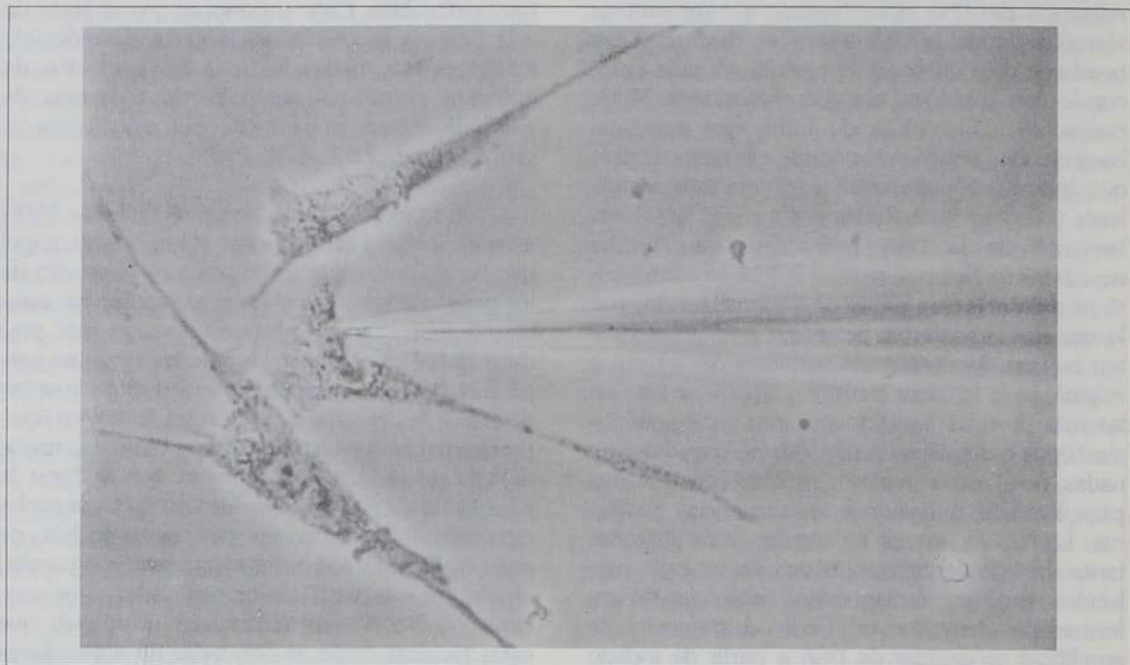
separadas por calor) y luego extendiendo estos oligos sobre los moldes por medio de la DNA polimerasa. Este ciclo se puede repetir muchas veces resultando en un aumento exponencial de la secuencia de DNA blanco. Dado que la desnaturización del DNA debe hacerse a temperaturas elevadas donde la polimerasa es destruida, era preciso añadir un poco de enzima en cada ciclo, con lo que la técnica era cara y laboriosa. Mullis convenció a un colega de Cetus que estudiaba bacterias que viven en los geiser submarinos, para que aislara una polimerasa que fuera termorresistente y obviara este último problema. Con el aislamiento de la DNA polimerasa de *Thermus aquaticus* (o *Taq* polimerasa) la PCR se volvió una técnica sencilla susceptible de automatización, por lo que rápidamente fue patentada por Cetus. Existen hoy en día numerosas variantes de la técnica original de la PCR que permiten amplificar DNA en las más diversas condiciones, introducir cambios aleatorios o dirigidos en regiones génicas determinadas, así como realizar pruebas diagnósticas para localizar mutaciones en secuencias problema. La PCR es una de las técnicas más utilizadas tanto en la investigación básica de biología molecular como en el diagnóstico molecular de enfermedades hereditarias. Dado el potencial de amplificar secuencias de DNA a partir de incluso una sola molécula blanco, esta técnica ha sido acoplada a metodologías de identificación de individuos por medio de las llamadas *huellas génicas*, usadas en medicina forense e investigaciones criminales, así como de escasos restos arqueológicos orgánicos, dando origen a una nueva ciencia: la paleontología molecular. La polémica patente

de Cetus, que cubre el concepto general de la PCR, está actualmente en posesión de Hoffmann La Roche e impide a cualquier compañía o investigador realizar el proceso sin el uso de la enzima Amplitaq™ o similar, vendida por cierto a precios muy reductibles. Cabe mencionar que el costo de esta *licencia* es una erogación muy considerable en los centros dedicados a la secuenciación de genomas completos, ascendiendo a cientos de miles de dólares anualmente por sitio (véase p. ejem. *Science* **261**, 678, 1992).

Otorgarle el premio Nobel de Química 1993 a Smith y Mullis es reconocer el importante papel que han jugado estas tecnologías en el estudio de los genes de los seres vivos y su regulación, estudios que seguramente traerán consigo más premios Nobel en el futuro. Uno de los enfoques más prometedores y excitantes son los experimentos de evolución *in vitro* de moléculas de DNA y RNA, precisamente utilizando como base la metodología de la PCR. Por primera vez se tiene la posibilidad de recrear, e incluso *mejorar*, la evolución natural de secuencias génicas en un tubo de ensayo. Muchas sorpresas seguramente aguardan al final de esta vereda. Por otro lado, el reconocimiento Nobel también prevé el empuje que estas técnicas darán al desarrollo de aplicaciones de diagnósticos, biotecnológicas y terapéuticas. Estos hallazgos posiblemente serán la base de tecnologías que por vez primera permitirán la cura de padecimientos de origen genético desde la raíz, los mismos genes, así como el combate de las nuevas enfermedades infecciosas que están surgiendo en la actualidad.



Premios Nobel de Medicina y Fisiología: Phillip Allen Sharp y Richard Roberts



Luis Marat Alvarez Salas

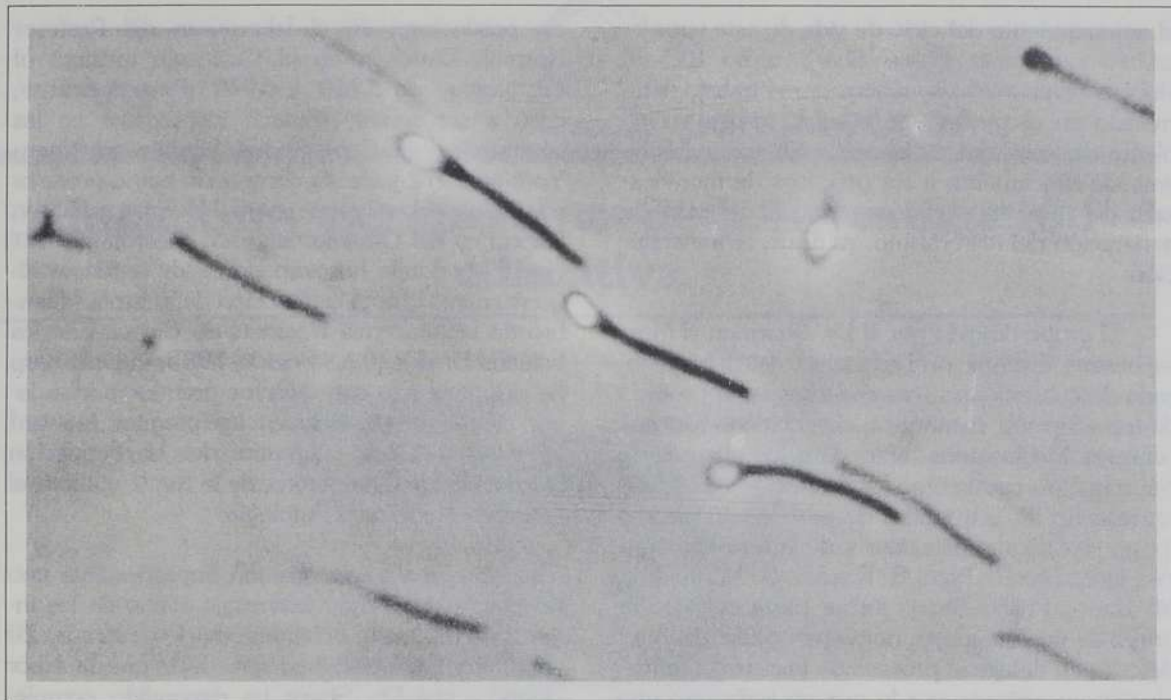
La Biología Molecular moderna ha enfocado sus metas al entendimiento de los mecanismos de la expresión génica. A partir de los estudios pioneros en organismos procarióticos en los sesentas, el dogma central de la Biología Molecular se estableció como la transmisión de la información genética de su código dentro del DNA (donde es fielmente heredada) a otro polinucleótido que es el RNA mensajero (proceso de *transcripción*), de aquí pasa a los ribosomas donde, en conjunción con aminoácidos, RNA de transferencia y una serie de cofactores protéicos, se sintetiza la pro-

teína codificada originalmente (proceso de *traducción*).

Esta visión un tanto simplista de la expresión genética se enriqueció con las observaciones realizadas en células de organismos eucarióticos donde la transmisión de la información genética no resulta del todo lineal y comprende etapas más complicadas. De esta forma el paso del DNA a RNA resulta bidireccional cuando se describe la actividad de los retrovirus, cuyo ciclo de vida requiere obligatoriamente la reverso-transcripción de su genoma de RNA⁺ a DNA mediante la actividad de un tipo de enzima conocida como reverso-transcriptasa.

Una vez transcrito el RNA como una copia fiel de la información contenida en el DNA, éste

El Dr. Luis Marat Alvarez Salas es investigador adjunto del Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav.



no puede ser traducido inmediatamente en una proteína en eucariotes; para ello requiere de tres procesos fundamentales: maduración, edición y translocación.

El proceso de maduración comprende la adición de un nucleótido modificado en el inicio del RNA y una cola de poliadenina en el final, lo que impide la rápida degradación del transcrito.

El proceso de edición (*splicing*) se refiere a la remoción de secuencias internas del transcrito nativo conocidas como intrones, dejando únicamente secuencias codificadoras para la proteína, conocidas como exones. Una vez editado y modificado, el RNA procesado se conoce como RNA mensajero, el cual es translocado del núcleo al citoplasma para su traducción en una proteína.

El premio Nobel de Medicina y Fisiología de 1993 correspondió a Phillip A. Sharp y Richard Roberts (New England BioLabs) por sus aportaciones al conocimiento del proceso de edición del RNA. Aprovechando las observaciones iniciales acerca de la discontinuidad de los genes eucarióticos realizada formalmente por el grupo de Pierre

Chambon en su feudo de Estrasburgo, Francia, Sharp y colaboradores realizaron los primeros ensayos de edición del RNA en extractos libres de células y describieron en buena parte la maquinaria bioquímica encargada de este proceso, así como sus requerimientos.

Gracias a ellos ahora sabemos que el proceso de edición involucra varias etapas, que comprenden en un principio el reconocimiento de secuencias consenso dentro del RNA nativo, conocidas como sitios donadores y aceptores de corte y empalme. Después viene una etapa de corte del extremo 5' del intrón y la formación de una estructura semejante a una horquilla conocida como lariat con los extremos 5' y 3' del intrón, para ser removido completamente y unir los extremos de los exones. Todas estas actividades son llevadas a cabo dentro del núcleo por un complejo multienzimático conocido como *spliceosome*, en analogía a los ribosomas.

Los descubrimientos del grupo de Phillip A. Sharp no se restringen a la investigación básica; este grupo también ha dilucidado los procesos de edición alternativa del virus HIV que han permitido

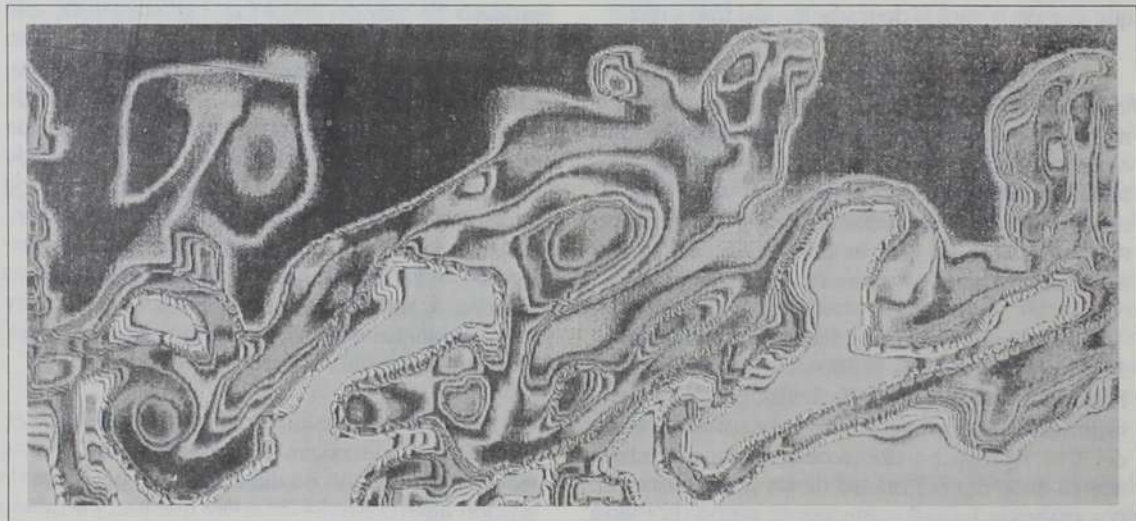
el entendimiento del ciclo de vida de este virus letal. Aunque tanto Phillip Sharp como Richard Roberts comparten los créditos por el trabajo desarrollado en el proceso de edición, resulta conveniente destacar que la labor de Sharp no se ha limitado únicamente a los procesos de modificación del RNA en eucariotes, sino al proceso de generación del RNA mismo, es decir, la transcripción.

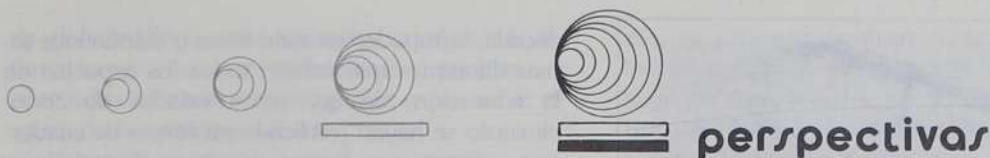
El grupo dirigido por el Dr. Sharp en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) ha realizado descubrimientos trascendentes en el proceso de transcripción eucariótica, describiendo factores celulares involucrados tanto para los eventos de transcripción basal como los de tejido-específica y ha resuelto las actividades de proteínas nucleares (p. ej. MYC) como activadores de la transcripción. Así, junto con R. Tjian, R. Roeder, S. McKnight y M. Karin, Phillip Sharp forma parte del selecto grupo de investigadores norteamericanos que han descrito en detalle el proceso de inicio de la transcripción eucariótica, por lo que no sería raro que este investigador reciba otro premio Nobel por sus aportaciones a este respecto.

Phillip A. Sharp nació el 6 de junio de 1944, estudió en el Union College de Kentucky y se doctoró en la Universidad de Illinois donde trabajó como research assistant del Departamento de Química de 1966 a 1969. Realizó una estan-

cia posdoctoral en el laboratorio del Profesor Norman Davidson en el California Institute of Technology de 1969 a 1971. Posteriormente, pasó a ser senior research investigator en los laboratorios de Cold Spring Harbor en Nueva York en 1972 para ser contratado como profesor asociado del Centro para Investigación en Cáncer, y del Departamento de Biología del MIT en 1974, donde ha ocupado desde entonces diversos cargos hasta la dirección del mismo. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (N.A.S.) desde 1985, el Dr. Sharp ha sido laureado con diversos premios por su labor científica que incluyen los premios Howard Ricketts, Eli Lilly, premio de la Fundación Norteamericana del Acero, de la N.A.S. y ahora el Nobel de Medicina y Fisiología.

Ante una trayectoria tan impresionante uno no puede sino rendir homenaje a uno de los investigadores más brillantes de los últimos 20 años. Pero también hay que decir que la labor científica del Dr. Sharp ha dependido completamente de los recursos ilimitados para la realización de su trabajo y a la participación de un gran número de investigadores jóvenes, talentosos y entusiastas que, como él mismo en alguna ocasión, han compartido la aventura del quehacer científico desde la mesa de trabajo; sin ellos nada de esto hubiera sido posible. Así pues, una felicitación a los que todavía no tienen nombre. ❁





Situación y perspectivas de la investigación educativa



Tequila, Jal., ilustraciones de Guillermo Fernández de Castro Jenkins.

Eduardo Weiss

Introducción

En las décadas pasadas, México realizó grandes esfuerzos para garantizar la cobertura del sistema educativo. Casi logrado este objetivo, y frente al

reto de la globalización, que exige una transformación productiva y cultural, así como por el compromiso histórico con una sociedad más justa, se renueva el desafío de lograr una educación de mayor calidad y equidad. Enfrentarlo requiere del esfuerzo conjunto de toda la sociedad. La investigación educativa está comprometida a apoyar el esfuerzo para lograr una educación de mayor calidad. Para ello tenemos que consolidar la calidad de la propia investigación educativa.

El Dr. Eduardo Weiss, investigador titular y jefe del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, obtuvo su doctorado en ciencias económicas y sociales en la Universidad de Erlangen, RFA. El presente texto fue presentado en la sesión de clausura del Segundo Congreso Nacional de Investigación Educativa, México, D.F., 12 de noviembre de 1993, en el cual el Dr. Weiss fungió como Coordinador de Estados de Conocimiento y Documentos de Base.

Este ha sido uno de los objetivos centrales de este Segundo Congreso, que después de más de una década, cruzada por la crisis del finan-



ciamiento, renueva la tradición establecida por los organizadores e investigadores del I. Congreso Nacional de Investigación Educativa, celebrado en 1981 en este mismo lugar, de realizar un balance de los resultados de investigación de la década anterior y de señalar perspectivas para la próxima.

La investigación educativa frente al reto de la globalización

La crisis financiera de la década pasada impuso reducciones presupuestales y de salarios. Entre otras cosas, implicó también la desaparición de algunos centros de investigación y la reducción de la función de investigación en otros. Sus aportes nos hacen falta ahora.

La investigación educativa pudo mantenerse en ciertas instituciones de educación superior, así como centros de investigación y desarrollo, en gran medida gracias al esfuerzo de los propios investigadores. En los últimos años se observa un alentador crecimiento de recursos destinados a la investigación y, sobre todo, un crecimiento en la calidad y la cantidad de producción, así como en la consolidación de varias instituciones en el campo de la investigación educativa.

El hecho de que nuestra comunidad de investigadores educativos haya sido capaz de producir veintinueve estados de conocimiento¹ sobre la investigación educativa mexicana en la última

década, agrupados en siete áreas y veintinueve temas diferentes que cubren todos los aspectos de la educación, de que estos estados de conocimiento se hayan publicado en forma de cuadernos, mismos que hemos puesto a disposición y discusión del público durante seis Congresos Nacionales Temáticos y este Congreso Nacional de Síntesis y Perspectivas, permite apreciar que la investigación mexicana ha dado un salto cualitativo en los últimos doce años. Comparando con el primer congreso hubo menos investigación sobre la investigación y más investigación concreta.

La producción nacional no es comparable aún con los niveles de producción estadounidense y con la de algunos países de Europa; compite, sin embargo, con la investigación educativa española que se encuentra en fase de desarrollo después del franquismo pero cuenta con una mejor infraestructura editorial. En América Latina la investigación educativa mexicana —considerada en conjunto— es de avanzada. En algunos campos las investigaciones mexicanas significan contribuciones importantes al conocimiento a nivel internacional. En general, se han multiplicado y diversificado los temas tratados y los enfoques teórico-metodológicos.

Los Documentos Base del Primer Congreso Nacional de Investigación Educativa de 1981 muestran una fuerte dependencia de la investigación educativa mexicana de referentes teóricos internacionales, tanto en áreas que asumían acriticamente las posturas dominantes como era el caso de Tecnología Educativa, como en áreas que postulaban posiciones críticas, por ejemplo Educación y Sociedad. En los Estados de Conocimiento de este Segundo Congreso, en cambio, predominan las referencias a la producción nacional. Ello constituye, en general, un signo alentador que muestra la fortaleza de la producción nacional. En algunos campos, sin embargo, indica desconexión del debate teórico internacional. En estos campos se verifica igualmente una escasa absorción de nuevos desarrollos metodológicos y técnicos de investigación. Hay que seguir fortaleciendo las relaciones internacionales.

La solidez en otros temas y enfoques teórico-metodológicos nos permite —en esta fase

de globalización— estar presentes en el debate internacional con contribuciones propias y adecuadas a nuestra realidad que expresan la riqueza de la cultura mexicana.

A la vez, los trabajos más consolidados contribuyen, sobre todo a comprender y explicar mejor los procesos educativos mexicanos, explicaciones que pueden ser la base para decisiones mejor informadas. Hemos avanzado enormemente en la integración entre teorías pertinentes e investigación empírica-concreta. Los campos más consolidados han influido de manera importante en recientes reformas de la educación pública.

No obstante, hay que mejorar la difusión y el impacto de la investigación educativa. Primero entre nosotros, por ejemplo mediante redes de comunicación y revistas especializadas, pero también con los diferentes usuarios, es decir, quienes toman las decisiones, los docentes y de los padres de familia.

Desde el sentido común, muchos investigadores se quejan de que los políticos no toman en cuenta sus investigaciones y los políticos que la investigación no produce los resultados que se requieren. Esta concepción es equívoca. Olvida que investigación y toma de decisión son dos procesos diferentes con lógicas propias. Evidentemente, quienes toman las decisiones rara vez se fijan en resultados de investigaciones específicas. Y evidentemente la investigación educativa no tiene disponible para mañana la información que requiere en determinados momentos la toma de decisiones. Pero líneas de investigación de calidad impactan en líderes de opinión pública y orientan hasta cierto grado la definición de problemas y posibles vías de solución. Sobre todo en esta época que encontramos cada vez más investigadores en puestos de toma de decisión y asesoría.

La investigación educativa es una práctica multidisciplinaria. Sus cualidades dependen también de la fortaleza de las otras disciplinas científicas sociales y de humanidades. En este sentido, ciertas debilidades de la investigación y en la formación de investigadores en economía, por ejem-

plo, se expresan también en la investigación sobre economía de la educación. Por otro lado, el auge de disciplinas como antropología y lingüística ha fomentado desarrollos importantes en nuestro campo.

La investigación educativa mexicana ya no es la *cenicienta* de las humanidades y ciencias sociales. Ya podemos contribuir al concierto de la investigación social. Siendo un campo multidisciplinario, la investigación educativa es un campo fascinante. Obliga y permite moverse entre diferentes disciplinas científicas, y obliga y permite moverse entre la teoría y la empiria. Invito a los jóvenes, dispuestos a formarse con rigor, a acompañarnos en este viaje.

Comparada con el 1o. Congreso Nacional de Investigación Educativa, donde dominaban los macrotemas relacionados con política y sociedad, la investigación educativa que hemos producido en la última década se ha centrado más en los sujetos de la educación, los procesos de enseñanza y de aprendizaje y los procesos curriculares y organizacionales. En este sentido, comparte ciertas tendencias internacionales de la ciencias sociales que han vuelto su mirada hacia la escala micro y meso de los fenómenos sociales y culturales. El desarrollo de la investigación sobre estas escalas nos ha dado mayor capacidad de analizar procesos educativos concretos. Sin embargo, en una época de grandes transformaciones globales necesitamos equilibrar los enfoques y fortalecer los estudios a escala macro.

En el programa de investigación colegiada, asociada a este Congreso, hemos también descubierto nuestras debilidades y las descubrimos al público general porque sólo desde una cultura de transparencia podemos aspirar a superarlas. Algunos temas de importancia, como son, por ejemplo, el de la calidad de la educación o el de la gestión institucional, se han investigado poco aún.

Es también el caso de la investigación sobre enseñanza de la historia. Mientras la historiografía de la educación ha logrado un avance importante en la última década, la didáctica de la historia, de la geografía y de las ciencias sociales en general sigue siendo incipiente.

Los problemas recientes con los libros de texto gratuitos de historia no sólo tienen que ver con el hecho de que una sociedad crecientemente plural reclama la posibilidad de expresarse en diferentes miradas hacia el pasado y el futuro, sino también con el hecho de que, a diferencia de la enseñanza de las matemáticas y de la lengua, en enseñanza de la historia no hay investigación didáctica consolidada que permita desideologizar los debates y centrarlos en las posibilidades de los niños para aprender la historia.

En algunos campos sólo se han producido una veintena de investigaciones rigurosas en la última década. El número de investigadores o equipos con líneas sostenidas de trabajo es sumamente bajo. Muchos productos de investigación no se publican y/o no circulan de manera eficiente; no se publica suficientemente en revistas especializadas de investigación, cuyo número es, además, insuficiente; y los bancos de información y centros de documentación existentes muestran deficiencias. En los talleres y relatorias hubo numerosas sugerencias para superar estas debilidades.

En la elaboración de los estados de conocimiento descubrimos muchos trabajos con falta

de rigor. Hemos propuesto en este Congreso establecer orientaciones mínimas de rigor, no desde un paradigma general, sino respetando la pluralidad de enfoques teórico-metodológicos. Un logro importante en la elaboración y discusión de los estados de conocimiento fue haber superado las falsas dicotomías tradicionales: investigación básica *vs.* investigación aplicada, investigación cuantitativa *vs.* integración cualitativa, investigación teórica *vs.* investigación empírica.

La investigación educativa está marcada por la importancia de las prácticas profesionales o la intervención. La relación teoría-práctica constituye un momento imprescindible y fructífero, pero también es un riesgo constante para promover la calidad de la investigación ya que en aras de la práctica, de sus prioridades y urgencias, se debilitan las exigencias de rigor científico.

Es importante que como comunidad desarrollemos y difundamos orientaciones que fomenten el rigor. Se requiere, por ejemplo, precisar y distinguir entre el ensayo de investigación y el ensayo de difusión, la investigación etnográfica de la simple reflexión de experiencias, así como el componente de investigación en la investigación-acción o en la investigación participante. Tam-



GUILLERMO FERNÁNDEZ DE CASTRO JENKINS

Levación de cenizas

bién resulta importante señalar las características que deben tener los estudios, como son, por ejemplo: diagnósticos, evaluaciones o prospectivas, para que signifiquen una contribución a la investigación educativa.

La investigación educativa ante el reto de la federalización

La federalización de la educación constituye un reto enorme. La investigación educativa se ha comprometido con este desafío. Un objetivo central de este Segundo Congreso ha sido fomentar la descentralización de la investigación educativa. Por ello hemos realizado los seis Congresos Temáticos Nacionales en igual número de ciudades y entidades federativas de la República.

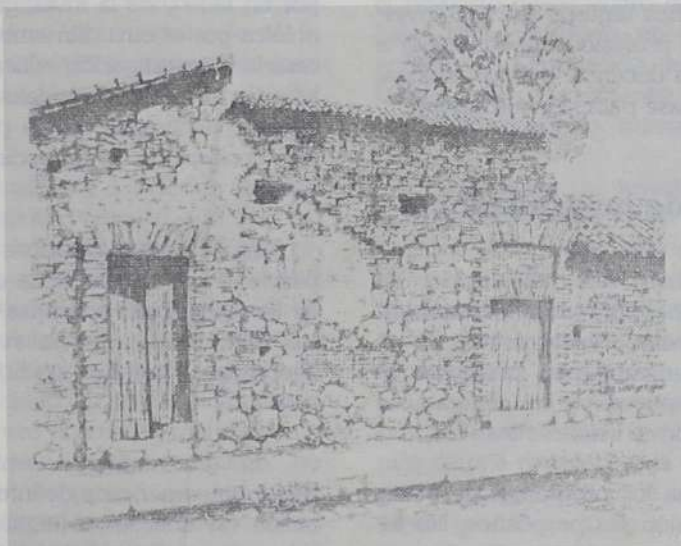
La investigación educativa está aún enormemente concentrada en el Distrito Federal y su zona conurbada. Resulta imperioso diseñar una estrategia que fortalezca los grupos existentes en los estados, a la vez que se fomente el desarrollo de grupos de investigación en las regiones donde no las hay. El fomento de nuevos grupos de investigación, sin embargo, sólo es posible con estrategias de largo plazo y se requiere de una combinación de investigadores líderes intelectuales

con investigadores jóvenes en un clima de autonomía institucional y libertad académica.

Las universidades, tradicionalmente centradas en la investigación educativa de sus problemas propios, deben asumir más investigación sobre la educación básica y la educación tecnológica. A la vez, hay que fortalecer y desarrollar la investigación como una de las funciones del sistema de la Universidad Pedagógica y de las Escuelas Normales, así como de algunos Institutos Tecnológicos.

Este fortalecimiento tiene que asumirse como un programa sostenido a largo plazo y requiere de una reforma de las Normales para que éstas se conviertan de nuevo en verdaderos centros académicos y requiere, en varios estados, de la concentración de recursos humanos en algunas de las instituciones. Además requiere, para algunas personas que asumen actualmente tal función, programas de formación como investigadores, así como la incorporación de nuevo personal investigador.

Para promover un intercambio más fructífero entre Investigación y Desarrollo en el campo de la educación nos parece importante superar una confusión. Hay que superar el lema equívoco del maestro investigador que ha sido





poco útil para mejorar la docencia, a la vez que ha desprestigiado a la investigación educativa. En cambio, hay que profesionalizar la investigación, en las universidades y en el sistema de Universidad Pedagógica y Normales. Asimismo, hay que prestar un apoyo efectivo a los docentes y estudiantes en carreras pedagógicas para que se acerquen a la investigación educativa. A las tareas de docencia en otras carreras hay que proporcionar un apoyo pedagógico eficaz, basado en resultados de investigación. Estamos seguros que una investigación educativa más profesional apoya mejor a la docencia, y que una docencia más profesional constituye una mejor base para la investigación.

La formación de investigadores

En la década pasada hubo una multiplicación de programas de posgrado, sobre todo de maestrías. Su calidad es sumamente heterogénea, en algunos casos alarmantemente baja. Las condiciones de trabajo, los apoyos y, en general, los recursos son inadecuados e insuficientes.

Es importante que los programas de maestría definan con precisión sus propósitos. No todos tienen que formar para la investigación; es

igualmente importante tener buenas maestrías en la enseñanza de disciplinas específicas, en gestión escolar y en planeación o evaluación educativa, para dar sólo algunos ejemplos.

Formar a un investigador educativo profesional requiere de tres a cinco años. Por el credencialismo imperante, estamos en peligro de repetir la historia de los programas de maestrías ahora a nivel de doctorado, donde ya ha comenzado cierta proliferación con características análogas. Se requiere una evaluación y políticas concertadas.

Es importante seguir enviando personas al extranjero, y al mismo tiempo, combinar recursos entre instituciones nacionales e internacionales para garantizar la formación de investigadores de calidad que requieren los estados federativos.

Financiamiento de la investigación educativa

Frente a los desafíos de la globalización y de la federalización, el número de investigadores educativos y el financiamiento de la investigación educativa son insuficientes. La corriente neo-liberal reconoce, frente al reto de la transformación productiva, la importancia estratégica de la educación por un lado y de la investigación científica y tecnológica por el otro. Sin embargo, considera innecesaria la investigación educativa, porque bastaría adoptar y adaptar modelos de países desarrollados o generados por la práctica de la región. Esta concepción no ha podido imponerse en este país.

En México se reconoce que para resolver los problemas de calidad de la educación requerimos de investigaciones sobre las causas específicas de las deficiencias y que requerimos soluciones adecuadas a nuestra tradición y pluralidad cultural.

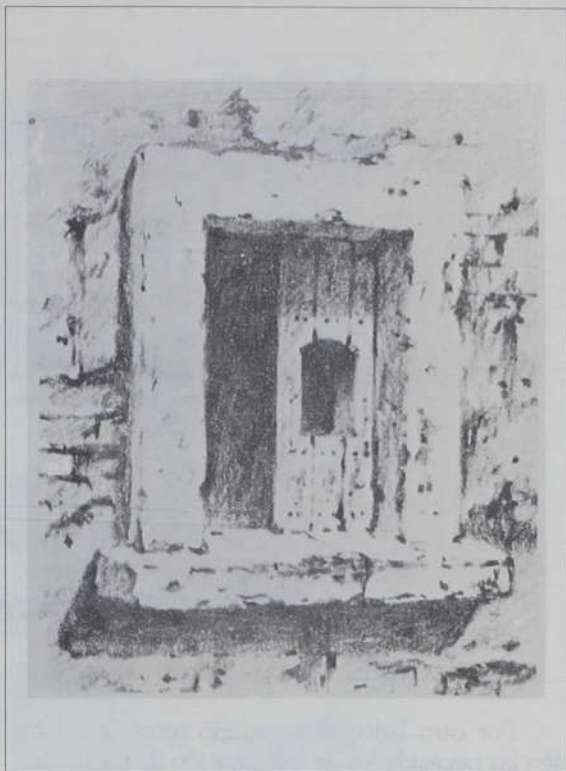
En una reunión reciente, convocada por la Red Latinoamericana de Información y Documentación en Educación (REDUC) y de la Comisión Educación y Sociedad del Consejo Latinoameri-

cano de Ciencias Sociales (CLACSO), previa a la IV Conferencia de Ministros del Proyecto Principal de Educación de América Latina y el Caribe (PROMEDLAC IV), los participantes formularon una agenda de investigación cercana a las necesidades de transformación de los sistemas educativos de la región, con la esperanza de recibir financiamiento para la investigación. A diferencia de algunos países del cono sur de América Latina, donde ha desaparecido la investigación educativa en las universidades durante la dictadura y por la crisis financiera, en México se ha podido sostener e incluso desarrollar en algunas universidades y centros de investigación.

A la vez se ha conservado, e incluso aumentado en los últimos años, por el préstamo del Banco Mundial, el papel del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como órgano de apoyo financiero a la investigación. El nuevo CONACYT tiene —a diferencia de algunos países de América Latina, donde las agendas gubernamentales determinan los proyectos de investigación a desarrollar— la virtud de que es la comunidad científica la que decide qué proyectos apoyar.

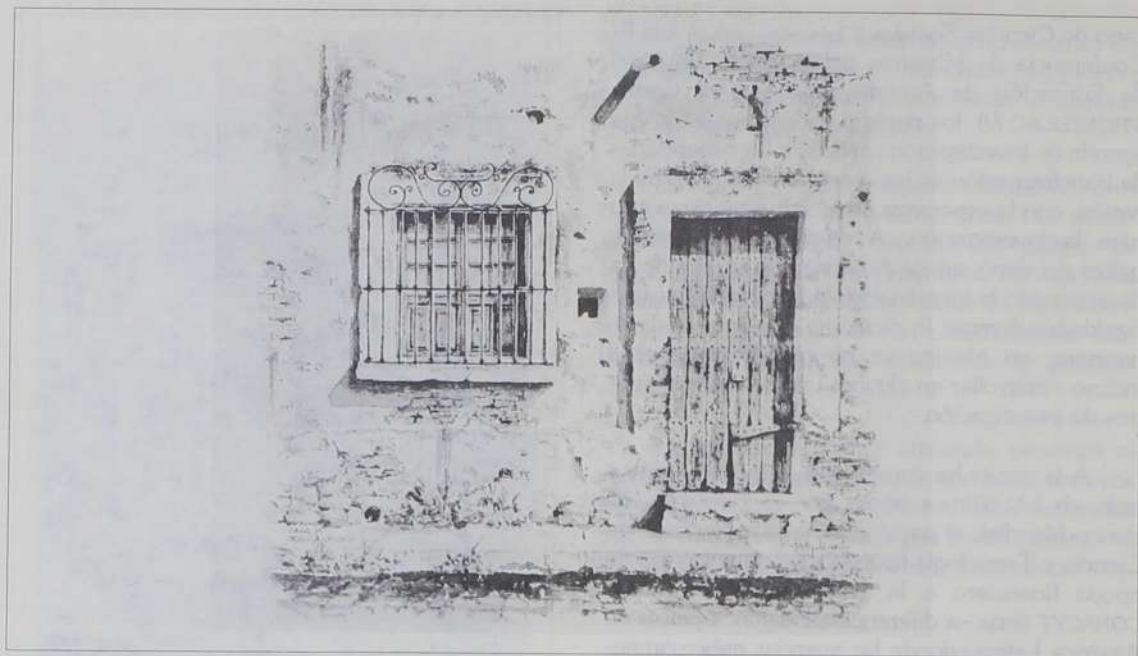
Sin embargo, el apoyo se ha fraccionado en cajones administrativos (proyectos de investigación, infra-estructura, eventos especiales) de tal manera que un programa integral, como lo constituye este Segundo Congreso, difícilmente tiene cabida. En segundo lugar, a pesar de la formal independencia de las comisiones evaluadoras, la administración del CONACYT sigue teniendo mucha ingerencia en los resultados de las evaluaciones.

Los criterios actuales de *excelencia* del CONACYT son inadecuados, como lo son los del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) que reconoce sólo 70 de aproximadamente 200 a 300 investigadores educativos en activo que realizan su oficio con profesionalismo. Ambos organismos de apoyo han desempeñado un papel importante durante la crisis financiera; garantizaron la permanencia de investigadores altamente calificados en el país durante ese período. Sin embargo, no sirven para fomentar un campo en desarrollo, como lo es la investigación educativa, ni son adecuados para descentralizar la misma.



Nuestra experiencia con el apoyo solicitado a CONACYT para el programa de investigación colegiado, asociado a este Segundo Congreso, muestra la falta de criterio de la actual administración del CONACYT. A pesar de haber sometido el proyecto desde enero de 1993, y a pesar de haber sido aprobado en dos ocasiones por la comisión de evaluación de ciencias sociales, no hemos, hasta el momento, recibido ningún financiamiento de este organismo.

Los temas a investigar y los enfoques teórico-metodológicos más adecuados son asunto interno de las comunidades científicas. Es importante desarrollar líneas de investigación sostenidas para producir conocimientos de alta calidad. Es significativo que temas aparentemente alejados de las urgencias económicas, como lo son la enseñanza de las matemáticas, o el análisis y la práctica docente, que se han consolidado durante más de una década por la decisión de los investigadores respectivos y de sus instituciones, hayan tenido gran impacto en la reciente reforma educativa.



Por otro lado, es necesario reconocer también las necesidades de información de los gobiernos e instituciones. En este sentido puede haber agendas gubernamentales de investigación. Estas, sin embargo, deben financiarse con fondos aparte.

Gran parte de los estudios, como son los diagnósticos, evaluaciones o prospectivas, se realizan actualmente dentro de las Secretarías de Educación. Recomendamos, en cambio, que los gobiernos las contraten externamente vía concursos; a la vez exigimos que los mecanismos de asignación sean transparentes. De esta manera se superaría también la lejanía de algunos investigadores universitarios de problemas concretos y se garantizaría la acumulación de conocimiento metodológico en este tipo de estudios.

La constitución de la comunidad de investigadores educativos

Los estados de conocimiento fueron elaborados, en su mayoría, por comisiones de investigadores pertenecientes a diferentes instituciones y prove-

nientes de enfoques teórico-metodológicos diversos. Mediante el trabajo organizativo conjunto y el trabajo colegiado en las comisiones temáticas hemos superado las barreras, desconocimientos y envidias institucionales, que antes nos separaban. Comenzamos a funcionar como comunidad científica. Hemos establecido al mismo tiempo relaciones humanas que facilitan la comunicación³.

El debate plural que busca consensos mediante la argumentación racional con intención comunicativa y la transparencia en los procedimientos y resultados son un ingrediente importante en sociedades democráticas, y son indispensables en comunidades científicas. Si bien hubo y seguirá habiendo ciertas luchas de poder por liderazgos académicos, hemos avanzado enormemente en nuestra capacidad de argumentación académica durante el programa colegiado de investigación para elaborar los estados de conocimiento y mediante su discusión con comentaristas y en talleres en los seis Congresos Temáticos Nacionales y en este Congreso de Síntesis y Perspectivas. Seguiremos juntos con este camino, fomentando el debate académico para mejorar los estados de conocimiento, antes de publicar los estados del arte en forma definitiva como libros.



Haber roto con las barreras institucionales y haber logrado consensos basados en el debate académico, nos permitirá en un futuro cercano abordar proyectos conjuntos como pueden ser, por ejemplo, un doctorado o revistas especializadas interinstitucionales.

Hemos dado también los primeros pasos hacia la constitución de un nuevo gremio, el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (CME), cuya asamblea constitutiva se realizará el 21 de enero de 1994. Este Consejo tendrá como tarea fundamental dar seguimiento a las fructíferas recomendaciones emanadas de este 2o. Congreso.

Estamos seguros de que no pasarán otros doce años para organizar el 3o. Congreso Na-

cional de Investigación Educativa no para elaborar estados de conocimiento, esto tiene que dejar de ser tarea periódica de largos lapsos, sino para intercambiar los avances en nuestras investigaciones y debatir problemas comunes y proyectos conjuntos.

Notas

1. En la elaboración de los estados de conocimiento participaron 196 investigadores de unas 80 instituciones y dependencias diferentes. Setenta investigadores fungieron como comentaristas.
2. Al igual que aquel congreso histórico de Viena, después de las guerras napoleónicas, en el que se ordenó el sistema de estados europeos, este congreso bailó (salsa).

COCOYOC MARCH 23-25, 1994 MEXICO



OSCILADORES ARMONICOS HARMONIC OSCILLATORS

There will be sessions on:
molecular oscillators
nuclear oscillators
optical oscillators
relativistic oscillators
miscellaneous oscillators

AMONG THE SPEAKERS:

Roy Glauber
Karl T. Hecht
Francesco Iachello
Young S. Kim
John R. Klauder
Vladimir I. Man'ko
Marcos Moshinsky
Michael M. Nieto
Allan I. Solomon
Yuri F. Smirnov

Harvard University
University of Michigan
Yale University
University of Maryland
University of Florida
P.N. Lebedev Institute
UNAM, México
Los Alamos Nat. Lab.
Open University, UK
Moscow State University

Inscription for the meeting costs US\$120 for research workers and US\$30 for graduate students.

THE ORGANIZING COMMITTEE:

Octavio Castaños
Alejandro Frank
Daesoo Han
Gerardo Loyola
Luis F. Urrutia
Kurt Bernardo Wolf

ICN-UNAM
ICN, IF-UNAM
NASA/Goddard
IF-UNAM
ICN-UNAM
IIMAS-UNAM Coordinator for CIFMA ac

Direct all correspondence to:

HO II
CIFMA
Apdo. Postal 139-B
62191 Cuernavaca Morelos, México
tel/rec/fax (52-73) 17 3388
cifma @ ce.ifisicam.unam.mx

Innovaciones educativas

Nuevos libros de texto: de números y abstracciones

Gerardo Moncada

Irma Fuenlabrada, maestra en ciencias en la especialidad de matemáticas educativas, es profesor-investigador del Departamento de Investigación Educativa (DIE) del Cinvestav desde 1975. Con David Block, dirige al grupo que estudia la didáctica de las Matemáticas. En esta disciplina, ambos coordinaron la elaboración del libro de texto para primer grado de primaria que resultara ganador en la convocatoria de la SEP. Participaron Alicia Carbajal y Patricia Martínez, con la colaboración de Leove Ortega. El diseño corrió por cuenta de Pablo Rulfo, Teresa Ojeda y Stega Diseño.

Avance y Perspectiva (AyP): ¿Cuáles son las principales deficiencias en la enseñanza de las Matemáticas?

Irma Fuenlabrada (IF): Quizá la principal sea el haber centrado la atención en el lenguaje matemático, y más aún, en su sintaxis. Si bien éste forma parte del conocimiento matemático, sólo es una parte. Además, tiene un aspecto semántico y otro sintáctico. La escuela se ha ocupado mucho de este último (cuáles son los símbolos, cómo se relacionan) y trabaja muy poco los conceptos representados.

El maestro enseña la suma, por ejemplo, fuera de contexto: indica cómo se organiza, dónde va la rayita, la ubicación de los números. Y luego aparecen los problemas aditivos, con la hipótesis de que al conocer el instrumento los niños recurrirán a él. Pero no sucede así.

En tercer grado, los alumnos empiezan a manifestar un desconocimiento real sobre el uso

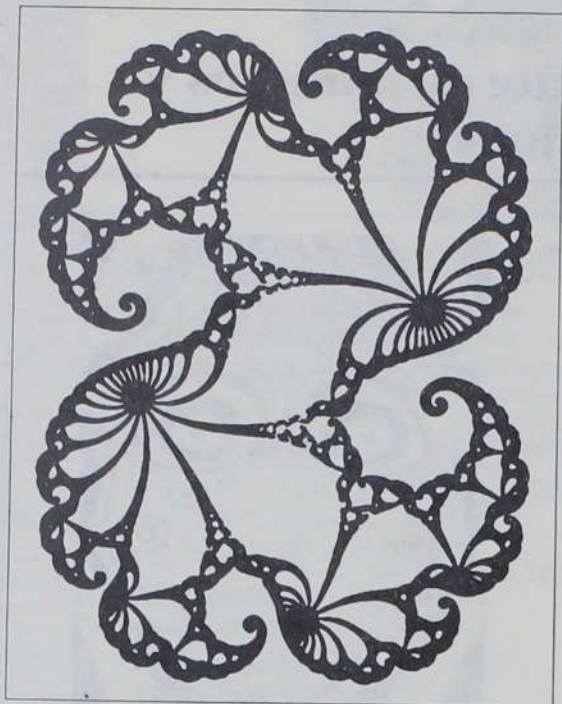


de los instrumentos aritméticos y su razón de ser. Se supone que ya conocen las cuatro operaciones fundamentales, pero cuando el profesor les plantea un problema la mayoría suele preguntar si es de suma o de resta, lo cual indica que las aprendieron pero no saben para qué sirven.

El docente atribuye esta problemática a la falta de atención o a una lectura deficiente, cuando obedece a la manera mecánica como los alumnos se aproximaron al conocimiento matemático. La simbología, los números y las reglas, no cobraron sentido para ellos.

AyP: ¿Trasciende esto a otros niveles a lo largo de la educación?

IF: Sí, porque es una característica de toda la enseñanza. Por fortuna, el niño tiene la posibilidad de encontrar la significación fuera del salón de clases, porque la aritmética tiene mucho que ver con la vida cotidiana. Lo grave viene con el ál-



gebra, que no tiene asidero. Nadie anda por la vida diciendo que A más B al cuadrado es A cuadrada más dos AB ... Eso se aprende en la escuela pero no tiene referente en la vida diaria. Ahí es donde empiezan a aparecer los grandes niveles de reprobación.

AyP: Se pasa de una abstracción a otra más compleja y a otra...

IF: Hasta que llega un momento en que la memorización no es suficiente y ya no hay cómo arreglárselas dentro del sistema educativo.

Erigir teoremas

AyP: ¿Cuál es la propuesta de ustedes ante esta situación?

IF: Para el momento en que aparece la convocatoria de la SEP, nuestro grupo de investigación estaba en posibilidad de manejar una alternativa para la enseñanza. Ya habíamos identificado que el aprendizaje debe empezar por el

planteamiento de los problemas, ofreciendo a los niños la posibilidad de resolverlos mediante sus experiencias y conocimientos previos (tanto escolares como extraescolares). De esta manera, ponen en funcionamiento ciertas estrategias de solución que en un principio distan de las convencionales, propias de las matemáticas, a las cuales llegarán más adelante.

Por decir algo, cuando los niños aún no conocen formalmente la suma tienen el recurso del conteo. Frente al problema: tengo doce canicas y me regalaron cinco, ¿cuántas tengo ahora?, seguramente pondrán doce rayas, otras cinco y luego contarán toda la colección. La estrategia es buena mientras les permite resolver la interrogante, pero si las cifras son 58 y 94 ya no es funcional, y el niño lo reconoce así. Debe encontrar otra manera de solución que es, justamente, la suma: una forma de contar a través de agrupamientos y transformaciones.

AyP: ¿Cómo desarrollaron esta experiencia, previa a la convocatoria de la SEP?

IF: Iniciamos la investigación en 1978, en una escuela que nos permitió trabajar con dos grupos de niños, de primero a sexto grados. Establecimos un convenio: Nuestro compromiso fue cubrir el programa oficial para evitar dificultades con padres de familia y autoridades, al tiempo que la escuela nos permitiría probar una metodología de enseñanza distinta.

En ese primer proyecto confirmamos la hipótesis de que los niños aprenden solucionando problemas. Posteriormente hicimos ajustes didácticos conforme desarrollamos otros proyectos, como el de *Dialogar y Descubrir*, donde elaboramos una propuesta pedagógica y de desarrollo curricular para el sistema de cursos comunitarios del Consejo Nacional de Fomento Educativo (Conafe).

Ahí ajustamos nuestro planteamiento a las condiciones reales y a los tiempos de la escuela; asimismo, elaboramos un material escrito como vehículo de comunicación con los maestros y vimos qué interpretaciones hacían de él, qué cosas sucedían en el aula, por qué ocurrían ciertas

transformaciones, las actividades que no resultaban viables por su complejidad o por qué no existían los materiales de apoyo considerados.

AyP: ¿Había algún sustento teórico al momento de llegar a las primeras escuelas?

IF: A raíz de que empieza a conocerse la teoría psicogenética de Jean Piaget, hay un cambio a nivel mundial sobre la concepción del aprendizaje. La corriente conductista lo planteaba a través de informaciones, con ensayo y error, reforzando las conductas adecuadas, etcétera; por su parte, Piaget señala que el sujeto aprende interactuando con el medio. A partir de entonces, la investigación en didáctica busca diseñar las condiciones para que el sujeto interactúe y se propicie el aprendizaje matemático. Nosotros nos inclinamos por esta propuesta y la idea de construcción del conocimiento, dentro de la corriente del constructivismo, desarrollada en buena medida por la escuela francesa.

Derribar axiomas

AyP: Esta concepción se refleja en los nuevos libros.

IF: Coincidió con los guiones técnico-pedagógicos establecidos por la SEP, los cuales de alguna manera recibieron influencia nuestra y de los resultados de la investigación mundial. Como había empate en la postura metodológica entramos al concurso.

El resultado fue un texto con cambios sustanciales respecto a los anteriores, en varios aspectos: la enseñanza a través de los problemas, el manejo de los materiales didácticos para apoyar el aprendizaje, el desarrollo de actividades previas al trabajo con el libro, entre otros. Esto último es importante. El texto es un objeto que contiene representaciones. Por ello, cuando el niño se enfrenta a él tiene que haber realizado con su maestro una serie de prácticas que implican trabajar con los conceptos, representarlos e interpretarlos; ese es el sustento para abordar el libro.

AyP: ¿Representa mayor trabajo para el profesor?

IF: Sí, aunque de otro tipo, porque cambia la dinámica de la enseñanza. Ahora no se trata de abrir el libro en la página 20, contestar las preguntas y pasar a la 21, sino de realizar una serie de ejercicios previos, ir al libro, salir de él, retomarlos... Se trabaja más en relacionar una cosa con otras.

El mismo libro cuenta con una parte recordable, en cartulina, para que el maestro pueda efectuar las actividades señaladas. Así supera las dificultades que enfrentaba cuando los materiales no estaban a la mano.

Quizá será complicado para los docentes adaptarse a un nuevo rol, pero la investigación ha demostrado que esto da mejores resultados, por lo tanto resultará más satisfactorio que estar repitiendo las cosas sin conseguir que el alumno aprenda.

AyP: También elaboraron el cuaderno de trabajo para el maestro.

IF: Sí. La convocatoria era para el libro del niño, razón por la cual dudábamos en participar, pues en primer grado los niños apenas comienzan a leer y escribir. No se puede anotar demasiado en el libro. Cada página lleva, a lo más, una ilustración y dos o tres preguntas. Eso es insuficiente para generar un buen aprendizaje.

Necesitábamos un espacio donde informarle al maestro de todo lo que nos preocupaba respecto al tipo de actividades previas al uso del libro. Incluso al trabajar sobre el texto, cada imagen permite hacer muchas más preguntas de las que aparecen ahí, interrogantes que aparecen consignadas en el libro del maestro.

Así que argumentamos sobre la necesidad de este libro y anexamos, a título de ejemplo, por si el jurado lo tomaba en consideración, un documento que daba cuenta del desarrollo didáctico del primer bloque del programa (ejercicios, todas las consignas que podría manejar el maestro). En el momento del dictamen, una de las recomenda-

ciones del jurado fue justamente que se tomara en cuenta nuestro documento para la elaboración del libro del maestro.

Imágenes versátiles

AyP: Buscaron de manera intencional cierta complejidad en las imágenes.

IF: Fue uno de los esfuerzos más grandes, porque si bien la práctica docente reconoce la necesidad de motivar al alumno, esto ha caído en contarle un cuento a los niños que, efectivamente, capta su atención, pero cuando se intenta entrar en materia se ve la cruda realidad.

El niño –y cualquier sujeto– se compromete con el conocimiento en la medida en que es retado intelectualmente. A los seres humanos nos gusta el reto. Cuando hay un desafío en lo que se nos plantea, adquirimos un compromiso de búsqueda. Por ello, la problemática que se le presente a los niños debe ser tal que definitivamente los enganche en busca de la solución, sin rebasar sus posibilidades, pues en tal caso el niño abandona.

Si presentamos tres conejos y seis zanahorias y preguntamos dónde hay más, a simple vista el niño sabe la respuesta. En cambio, si esta comparación se haya inmersa en un dibujo que contiene muchos elementos, el niño se involucra y, sobre todo, tiene que generar recursos para hacer la comparación. La simple vista ya no le es suficiente.

Muchas de las imágenes están pensadas de esa manera; además, no son para utilizarse una sola vez. Si un dibujo del circo se emplea para un ejercicio de comparación, el maestro puede volver a él cuando sus alumnos aprendieron a contar, para agrupar colecciones, por ejemplo.

Algo más: se trabajó la imagen cuidando aspectos de relación espacial. Es posible preguntar qué hay arriba, abajo, detrás, adentro, afuera... Por supuesto, eso no sustituye el trabajo sobre manejo del espacio en el salón de clases. El niño

debe ubicar cosas y desplazarse siguiendo ciertas consignas, pero también es necesario que pase al nivel de representación, de interpretación de una imagen, lo cual es útil para el conocimiento de la geometría, para el manejo de figuras y transformaciones geométricas.

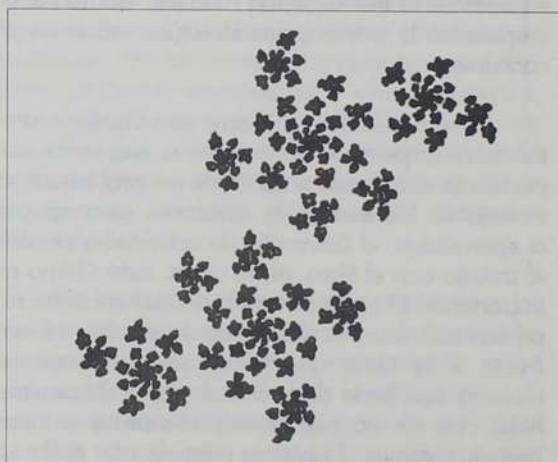
El discreto encanto de los desafíos

AyP: Con la experiencia y el conocimiento previos sobre el tema, ¿fue suficiente el lapso que se dio en la convocatoria?

IF: No. Fue un tanto correteado el trabajo. Con el proyecto *Dialogar y Descubrir* tuvimos tiempo para probar las propuestas, pero aquí se trataba de un libro para niños de primer grado, cosa que no había contemplado aquel proyecto, donde trabajamos para quinto y sexto. Probamos buena parte de las lecciones que aparecen en el libro; con otras ya lo habíamos hecho en experiencias anteriores. Nos hubiera gustado tener un poco de más tiempo para someter a prueba el material en su conjunto.

AyP: Si tenían la experiencia con quinto y sexto grados, ¿por qué razón no elaboraron un libro para ese nivel?

IF: La verdad, por este asunto de los retos.



Nuestra última experiencia había sido, precisamente, terminar el libro para Conafe. Pasamos demasiado tiempo metidos en eso y no es muy sano, se debe tomar cierta distancia. Ahora, la propuesta para primero se nos hacía un reto muy interesante, porque esta idea del manejo de la imagen podíamos plasmarla ahí; además, incidiríamos donde se inicia el proceso educativo.

AyP: ¿Cuál fue el costo total del proyecto?

IF: Alrededor de 140 o 150 millones de viejos pesos.

AyP: Incluido el diseño.

IF: Sólo el diseño. Quitando el costo y el *overhead* institucional, quedó una parte para los autores. El Cinvestav corrió el riesgo al pagar el diseño; si hubiéramos perdido, pues mala tarde, también él pierde. Por ese riesgo convenimos que, de ganar, recuperaba su inversión más una ganancia. A fin de cuentas, todos salimos ganando.

Tiempo al tiempo

AyP: Aparte de la satisfacción profesional, espiritual y económica, ¿qué experiencia les aportó el haber participado en el concurso?

IF: Una vez más nos conjuntamos para producir algo en un tiempo predeterminado, que en este caso no estaba sujeto a negociaciones de última hora para obtener prórrogas, lo cual además propició nuevamente un espacio de discusión intensiva entre los miembros del equipo.

AyP: El trabajo exigía mucha discusión.

IF: Una discusión sistemática. Conforme se iban produciendo los materiales se hacían ajustes, se descartaban algunos aspectos, se señalaban elementos faltantes.

AyP: La SEP contempla una vigencia de tres años, ¿por cuánto tiempo consideran ustedes vigente el libro?

IF: Para observar alguna transformación en el sistema, un mínimo de cinco a ocho años, toda vez que el maestro tardará un tiempo en entender lo que plantean los nuevos libros. La reforma de los años setenta recién era entendida por los docentes. Todavía hace cinco años, cuando íbamos a las escuelas, nos preguntaban cómo se resolvían algunas lecciones. Ahora ya no tenían duda, aunque la práctica no era buena porque casi no se trabajaba fuera del libro. Está calculado, a nivel internacional, que se requieren 20 años para validar una propuesta, para que realmente la asimile el sistema educativo.

Eso no impide que se vayan haciendo análisis parciales y pequeños ajustes; incluso otros libros que enriquezcan la propuesta. Los maestros tendrían la opción de elegir alguno de ellos, si es que van dentro de la misma línea metodológica. El problema es hacer grandes cambios pues se vuelve a desestabilizar el sistema.

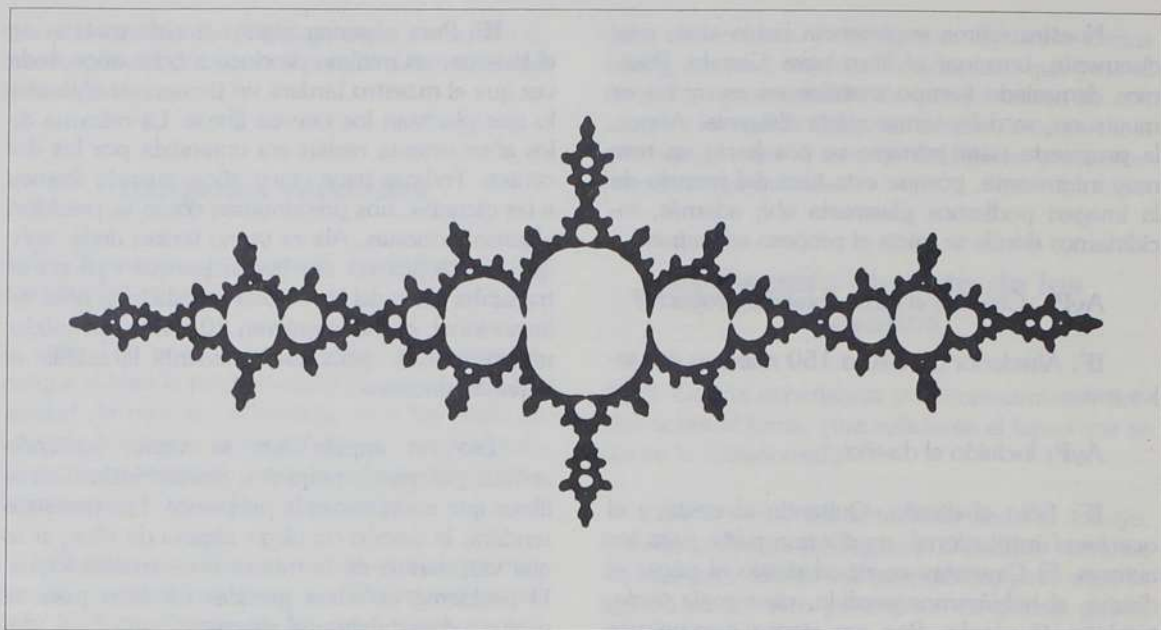
AyP: ¿Con este reconocimiento a su trabajo y a la propuesta pedagógica, hay expectativas de que cambie la educación en matemáticas?

IF: Sí, pero a largo plazo. Aquí hay que ser muy cautelosos. El problema educativo es muy complejo y fácilmente se cae en un círculo vicioso. Qué si no se da la formación de los maestros, entonces no es posible funcionalizar una propuesta; que si se capacita pero no existen los recursos o los instrumentos, tampoco. La Secretaría decidió que los libros fueran el primer disparador; ahora debemos trabajar en capacitación. Al menos ya se cuenta con el instrumento.

Nosotros llegamos a desarrollar un vasto trabajo para que el maestro cuestionara su práctica y reconociera estrategias diferentes para organizar su enseñanza, pero entonces venía el gran atorón, porque eso nada tenía que ver con el programa oficial ni con los libros de texto y del profesor.

Ahora se tiene el libro. Falta resolver todos los otros aspectos.

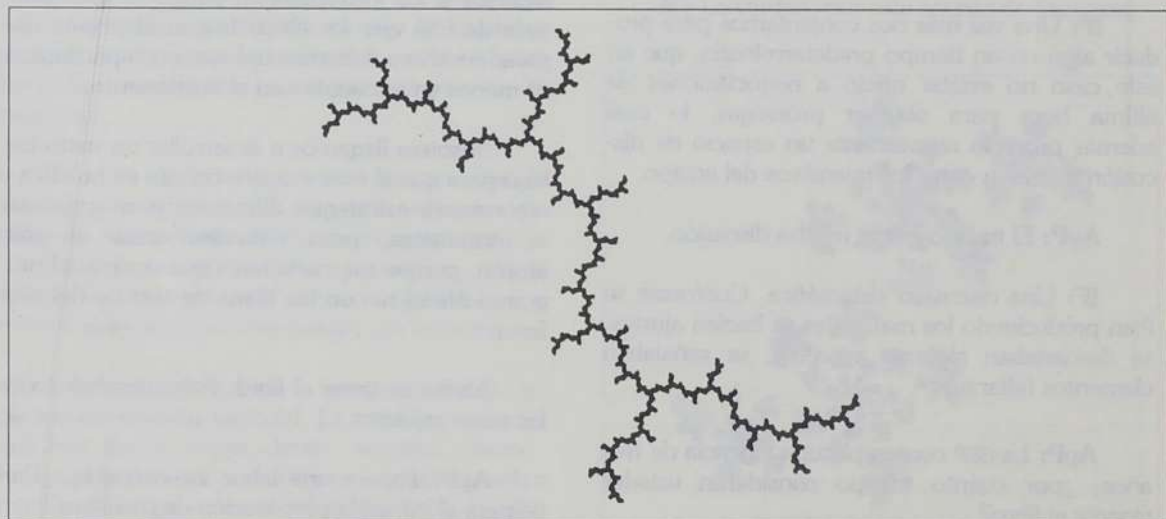
AyP: Parece una labor interminable. ¿Participará el DIE en la preparación de maestros?



IF: Ya lo hemos hecho. Para el nuevo libro elaboramos el modelo de capacitación acerca de la metodología y el nuevo enfoque en la enseñanza de las matemáticas, así como una propuesta para trabajar el texto de primer grado. Desgraciadamente, el tiempo previsto para capacitación, desde nuestra óptica, es demasiado corto, alrededor de ocho horas. El tratamiento del enfoque global es un poco más amplio: 40 horas,

pero abarca de primero a sexto grados.

También preparamos unos videos para el Programa de Actualización del Magisterio, sobre el planteamiento de juegos como recurso didáctico para el aprendizaje de las matemáticas. Hubo otro sobre el enfoque y uno más de entrevistas a autores ganadores para explicar a los maestros cuáles eran las concepciones detrás de los libros.



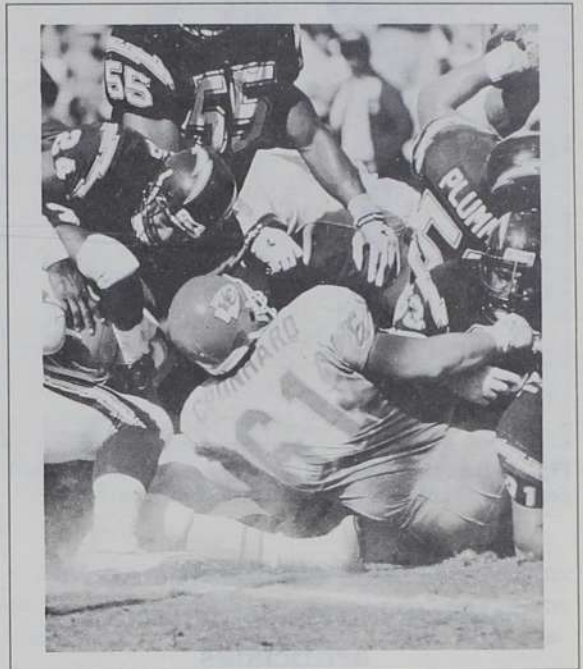
Avances de Ciencia y Tecnología

Importancia de la interfase biomaterial-tejido óseo en la estabilidad mecánica e integridad de los implantes ortopédicos

Armando Salinas Rodríguez

Introducción

La función de las articulaciones en el sistema músculo-esquelético permite el movimiento relativo de los huesos bajo la acción de fuerzas aplicadas. La característica fundamental de este movimiento es que ocurre con una pérdida mínima de energía debido a la fricción entre las superficies articulares, lo cual se traduce en un desgaste mínimo de estas superficies. Este sorprendente nivel de funcionamiento sólo puede ser posible mediante una estructura biomecánica compleja. Esta estructura permite la transmisión de las fuerzas impuestas por los músculos con un alto grado de eficiencia y es capaz de soportar los efectos inerciales de las cargas aplicadas a través de las superficies articulares. El tejido óseo puede considerarse como un compuesto. La matriz, dura y elástica (tejido cortical), está compuesta de colágeno calcificado que se deposita en respuesta a la magnitud de las cargas dinámicas soportadas por el tejido. Una red de tejido óseo esponjoso o trabecular sirve de soporte interno a la cáscara externa de tejido cortical. La génesis y el crecimiento de este tejido trabecular tiene características anisotrópicas, en el sentido de que se alinea en la dirección paralela al esfuerzo local principal. Esto resulta en una distribución altamente eficiente de mineral óseo y la consecuente minimización del peso esquelético. Las superficies articulares están recubiertas con cartílago lubricado a través de una membrana si-



novial lo que produce coeficientes de fricción en el rango de 0.003-0.015 bajo una amplia gama de condiciones de carga y velocidad de deslizamiento sobre las superficies de contacto¹.

Conceptualmente, el diseño de una articulación artificial debe tomar en cuenta la mecánica compuesta de la articulación, las características de los huesos receptores y el mecanismo de funcionamiento de la articulación natural. Típicamente, una prótesis para el reemplazo de articulaciones consiste de varios componentes los cuales llevan a cabo dos funciones principales: articulación sobre superficies artificiales de soporte y anclaje o fijación de los componentes articulares a los huesos adyacentes al implante. La Fig. 1 muestra esquemáticamente los componentes esenciales de una cadera artificial.

El Dr. Armando Salinas Rodríguez es investigador de la Unidad Saltillo del Cinvestav.

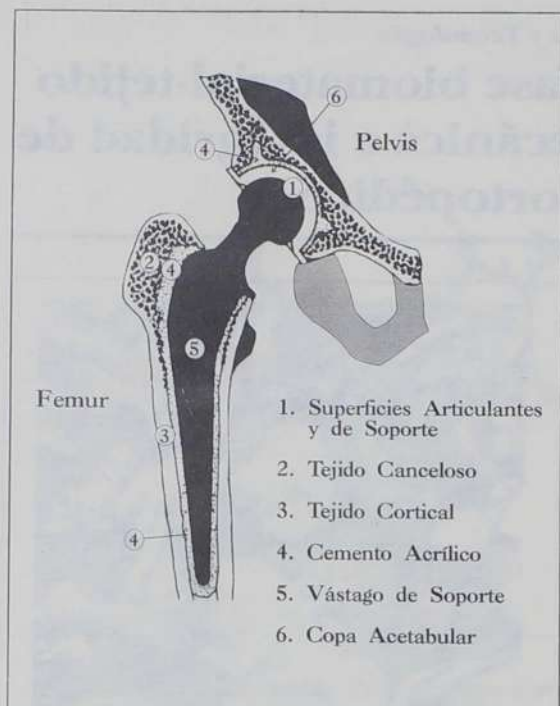


Fig. 1. Representación esquemática de los elementos componentes de una artroplastia total de cadera cementada.

Materiales empleados en la fabricación de articulaciones artificiales

La severidad de las condiciones mecánicas y ambientales experimentadas por los implantes en el cuerpo humano requieren que los materiales empleados en su fabricación cumplan con varios criterios básicos.

1. Compatibilidad con los tejidos y los procesos fisiológicos del cuerpo humano (biocompatibilidad).
2. Alta resistencia a la degradación ambiental en condiciones que incluyen pH ácido y efectos abrasivos asociados con el movimiento relativo entre las superficies articulares.
3. Alta resistencia a la abrasión, combinada con fricción mínima entre las superficies articulares.

4. Alta resistencia a la fractura por fatiga y bajo esfuerzos que involucren componentes tanto uniaxiales como de corte (tensión, compresión, doblado y torsión).

Debido a estos requerimientos, los elementos de soporte de los implantes ortopédicos, tales como los vástagos femorales en las prótesis para el reemplazo de cadera, son fabricados principalmente a partir de materiales metálicos tales como el titanio y sus aleaciones, las aleaciones de cobalto y los aceros inoxidable austeníticos. Por otra parte, los elementos articulares, los cuales son sometidos esencialmente a esfuerzos compresivos durante el funcionamiento de la articulación, son fabricados a partir de materiales metálicos (aleaciones de cobalto), cerámicos de alta resistencia (Al_2O_3 y ZrO_2) y polímeros (polietileno de peso molecular ultra alto, UHMWPE). Ejemplos de la utilización de estos materiales son la cabeza femoral en prótesis totales modulares y el componente articulado del acetábulo en las prótesis totales de cadera. Ninguno de estos componentes se fabrican en México, en parte por la carencia de materias primas, pero principalmente por la falta de los acervos científico y tecnológico necesarios para producir estos implementos con una calidad aceptable.

La tabla 1 lista las propiedades mecánicas del tejido óseo compacto y de varias aleaciones biocompatibles comúnmente empleadas en la manufactura de implantes ortopédicos. Como puede observarse, todos estos materiales poseen alta resistencia y son inherentemente más rígidos que el tejido cortical. Estas propiedades son necesarias debido a las restricciones geométricas y dimensionales impuestas por el sistema óseo, y a la magnitud de los esfuerzos a que son sometidos los implantes durante la actividad de los pacientes. La transmisión de esfuerzos eficiente entre los implantes y los huesos requiere que los materiales sean compatibles elásticamente con el tejido óseo. La rigidez de los biomateriales metálicos no favorece esta transferencia de esfuerzos y, por lo tanto, durante una sobrecarga severa, por ejemplo durante una caída, el implante y/o el hueso puede fracturarse.

Tabla 1. Propiedades mecánicas de las aleaciones biocompatibles empleadas en la fabricación de implantes ortopédicos.

	Tejido Cortical	Acero inoxidable 316L forjado	Acero inoxidable REX734 forjado	Co-27Cr-5Mo o fundición de precisión	Co-27Cr-5Mo tratado térmicamente	Co-27Cr-5Mo metalurgia de polvos + HIP	Ti-6Al-4V tratado termomecánicamente
Módulo de elasticidad GPa	18	200	200	230	230	230	120
Esfuerzo de cedencia MPa	--	440	800	450	450	825	900
Última resistencia a la tracción MPa	137	585	1,100	665	750	1,200	1,050
Resistencia a la fatiga MPa 10^7 ciclos	--	295	560	190	280	620	500
Elongación a la fractura (%)	1.5	30	15	8	12	15	10

Los componentes femorales de las prótesis para el reemplazo de cadera son ejemplos destacados de la utilización de los biomateriales metálicos. Estos son sometidos a esfuerzos estáticos y dinámicos de hasta 450 MPa con frecuencias de uno a dos millones de ciclos por año². Estas condiciones mecánicas de funcionamiento establecen requerimientos mínimos sobre las propiedades mecánicas de los materiales empleados en la manufactura de este tipo de implantes³:

- resistencia mínima a la deformación plástica (esfuerzo de cedencia) de 500 MPa para prevenir cambios permanentes en las dimensiones del vástago femoral dentro del canal medular del fémur.

- resistencia a la fractura por fatiga entre 400 y 450 MPa (10^7 ciclos) en condiciones ambientales similares a las impuestas por el ambiente fisiológico del cuerpo humano. Esto permite prevenir que la fractura por fatiga comprometa la expectativa de servicio del implante.

- última resistencia a la tracción en exceso de 600 MPa, de tal forma que se minimice la probabilidad de falla del implante durante sobrecargas severas.

- ductibilidad mínima de 8% de elongación para asegurar que el implante no se fracturará de manera frágil y espontánea durante una sobrecarga.

Los datos presentados en la tabla 1 indican que únicamente la aleación Co-27Cr-5Mo, procesada por metalurgia de polvos y prensado isostático en caliente (HIP), y el acero inoxidable REX 734 forjado, cumplen con todos los requerimientos listados. Sin embargo, estos procesos de manufactura requieren de tecnologías que involucran inversiones de capital y costos de operación muy elevados y, por lo tanto, se necesitan grandes volúmenes de producción para asegurar la rentabilidad del proceso de fabricación. Por esta razón, la gran mayoría de las prótesis articulares se fabrican utilizando el

proceso de fundición de precisión y los tratamientos térmicos.

Experiencias de fabricación de articulaciones artificiales en México

La tabla 2 muestra un cuadro comparativo de la composición química típica del componente femoral de varios modelos de prótesis para el reemplazo de la cadera, fabricadas por el proceso de fundición de precisión, usando la aleación biocompatible Co-27Cr-5Mo. En este cuadro están incluidos implantes de manufactura mexicana (Tipo A), estadounidense (Tipo B) y un prototipo fabricado en la Unidad Saltillo del Cinvestav⁴. Se incluyen también los análisis químicos especificados por las normas de calidad IMSS 0635 y ASTM- F75-876. La prótesis tipo A tiene una deficiencia en el contenido de Cr de aproximadamente 30%, con respecto a las especificaciones establecidas por las normas mexicanas y estadounidenses. Asimismo, el análisis químico indica

contenidos en exceso de Si y Fe de 20% y 50% respectivamente. En contraste, las prótesis tipo B y la fabricada en el Cinvestav (excluyendo al Fe), cumplen en forma adecuada con las especificaciones de ambas normas.

La deficiencia en cromo resulta perjudicial a las propiedades de corrosión del implante, las cuales son de importancia vital para su buen funcionamiento a largo plazo en el cuerpo humano. Por lo tanto, la prótesis tipo A está en desventaja en cuanto a calidad con respecto a las otras, aún sin tomar en cuenta la microestructura y las propiedades mecánicas. El origen de la deficiencia en Cr está relacionado con una práctica de fusión de la aleación sin control de la atmósfera sobre el metal líquido. Esto resulta en la pérdida de Cr por oxidación y evaporación debido a la afinidad química entre el Cr y el O y a la alta presión de vapor del Cr en estado líquido.

La Fig. 2 ilustra las características fundamentales de la microestructura de la aleación Co-27 Cr-5Mo en la condición de vaciado por el método de fundición de precisión. La matriz es una solu-

Tabla 2. Composición química típica del componente femoral de varias prótesis fabricadas por el método de fundición de precisión.

Elemento	Tipo A % en peso	Tipo B % en peso	CINVESTAV % en peso	ASTM-F75-87 (IMSS 063) % en peso
Cr	21.65	27.27	29.12	27-30 (26.2-30.3)
Mo	5.30	5.68	5.32	5-7 (4.35-7.15)
C	0.32	0.21	0.23	0.35 máx. (0.37 máx.)
Mn	0.66	0.23	0.61	1.00 máx. (1.03 máx.)
Si	1.21	0.40	0.54	1.00 máx. (1.05 máx.)
Fe	1.20	0.63	1.14	0.75 máx. (1.03 máx.)
Ni	0.27	0.84	0.63	(1.0 máx.) (2.55 máx.)
Indice de resistencia a la corrosión %pe. Cr + 3.3pe. Mo	39	46	47	44 mín. (40 mín.)

ción sólida de Cr y Mo, rica en Co. Existen además otras dos fases con morfología, composición química y propiedades mecánicas diferentes. El constituyente interdendrítico es un carburo laminar eutéctico rico en Cr y Mo (tipo $M_{23}M_6$, $M=Co, Cr$ y Mo). La fase con morfología de bloque precipitada de manera intragranular o en las regiones interdendríticas es, presumiblemente, un carburo del tipo $M_{23}C_6$ y/o una fase topológicamente compacta (TCP, tipo σ) rica en molibdeno. A menor amplificación, puede también observarse una película continua de carburos intergranulares (no mostrada en la micrografía de la Fig. 2).

Los carburos observados en la microestructura, cuando están presentes en condiciones óptimas de cantidad, tamaño y distribución, son responsables de las excelentes resistencias al desgaste y a la deformación de estos materiales. Sin embargo, la extrema dureza de los carburos, de las fases TCP y, particularmente, el efecto fragilizante de las películas intergranulares de carburos, pueden resultar en una inaceptable baja resistencia a la fractura de la prótesis bajo condiciones estáticas y dinámicas de aplicación de cargas. Por lo tanto, estas características microestructurales

deben eliminarse, o al menos optimizarse, por medio de tratamientos térmicos, modificando la práctica de fusión y vaciado de los componentes. La Fig. 2 también muestra la variación local de la composición química a lo largo de la línea inscrita en la micrografía. Como puede observarse, existen diferencias significativas en los contenidos de Cr y los otros elementos indicados, en regiones a lo largo de la línea. Las variaciones en el contenido de Cr y Mo reducen efectivamente la resistencia del material a la corrosión por picado.

Estos resultados reflejan la necesidad de desarrollar la tecnología de fabricación de este tipo de componentes ortopédicos, así como de capacitación del personal de operación de las empresas mexicanas. También es necesario realizar un esfuerzo de investigación encaminado a mejorar las características de la microestructura de estas aleaciones, ya que de ello dependen las propiedades mecánicas y de corrosión que, a su vez, determinan el buen funcionamiento del implante a largo plazo. Estas son las metas trazadas a corto plazo por el programa institucional de investigación en biomateriales (BIOMAT) de la Unidad Saltillo del Cinvestav. Sin embargo, el desarrollo de mejores materiales biocompatibles requiere de

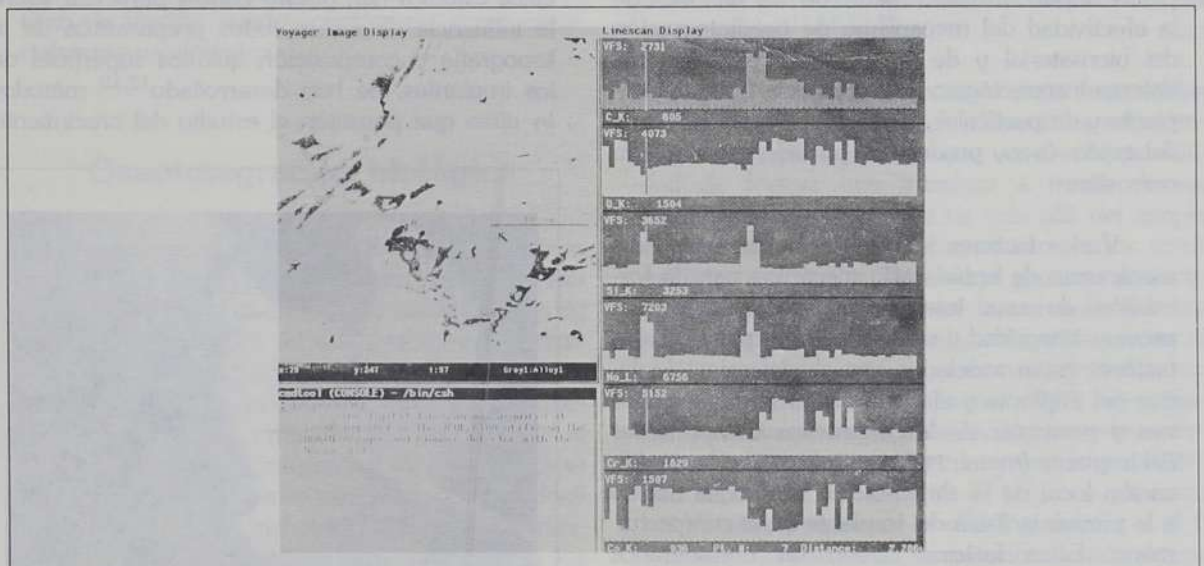


Fig. 2. Microestructura y variación cualitativa de la composición química en la microestructura de la aleación Co-Cr-Mo-C en estado de colada a lo largo de la línea inscrita en la micrografía. Este barrido lineal fue obtenido por medio de espectroscopía de dispersión de energía de rayos-X en un microscopio electrónico de barrido.

la comprensión, a nivel fundamental, de las interacciones entre los biomateriales y los tejidos óseos, así como de la respuesta biológica del sistema inmunológico del cuerpo humano a los materiales implantados.

En lo que resta del presente discusión, se establecen algunos conceptos relacionados a los mecanismos de oseointegración de los biomateriales metálicos y los factores que determinan las características y la intensidad de la respuesta de los tejidos a los materiales empleados en la manufactura de los implantes ortopédicos.

Mecanismos de oseointegración de biomateriales metálicos

El buen funcionamiento a largo plazo de un implante ortopédico requiere de una selección cuidadosa de los materiales y los diseños apropiados para cada aplicación. Sin embargo, el éxito del implante a largo plazo depende de la efectividad de la interfase con el tejido adyacente para transmitir los esfuerzos generados durante la actividad del paciente. La integridad física de la interfase biomaterial-tejido y la estabilidad mecánica del implante dependen básicamente de dos factores: de la efectividad del mecanismo de oseointegración del biomaterial y de la respuesta biológica del sistema inmunológico a la presencia física del implante y de partículas, tanto del biomaterial como del tejido óseo, producidas por el desgaste y la corrosión.

Varios factores influyen la efectividad del mecanismo de entrelazado mecánico para la formación de una interfase resistente capaz de proveer integridad y estabilidad al implante. Estos factores están asociados con el movimiento relativo del implante y el hueso, la producción de iones y partículas de los elementos componentes del implante (metal, PMMA y UHMWPE) y la modificación local de la alimentación sanguínea debida a la presencia física del implante en el cuerpo humano. Estos factores deben ser considerados adecuadamente si el diseño y funcionamiento de los implantes ortopédicos quieren ser mejorados.

La determinación de los factores principales que controlan la formación de una unión adecuada entre el biomaterial y los tejidos óseos es de importancia genérica fundamental en el desarrollo de implantes biocompatibles. Actualmente existen una gran controversia y poco conocimiento fundamental sobre la naturaleza de la interfase biomaterial-hueso y de las condiciones requeridas para lograr una unión exitosa a largo plazo. Durante los últimos treinta años se han desarrollado y usado clínicamente cuatro diferentes técnicas de fijación de implantes:

1. Fijadores mecánicos (tomillos);
2. Cemento óseo (polimetilmetacrilato, PMMA)^{8,9};
3. Recubrimientos porosos y microtexturización superficial sobre implantes metálicos¹⁰;
4. Recubrimientos cerámicos bioactivos sobre substratos metálicos adecuados (vidrios, bioactivos, hidroxiapatita, etc.)¹¹.

Las técnicas modernas de caracterización de materiales se han empleado con el propósito de revelar y desarrollar un mejor entendimiento de las reacciones en la interfase biomaterial-tejido. Estos estudios han puesto énfasis particular sobre la influencia de los métodos preparativos de la topografía y composición química superficial de los implantes. Se han desarrollado^{12,13} métodos *in vitro* que permiten el estudio del crecimiento



de células formadoras (osteoblastos) y células de reabsorción (osteoclastos) de tejido óseo sobre los materiales empleados en la fabricación de implantes. Las técnicas de microscopía analítica electrónica de barrido y de transmisión se han usado exitosamente para examinar las regiones interfaciales^{14,15}. Estudios recientes han mostrado que las estructuras interfaciales observadas *in vivo* tienen características muy similares a las observadas *in vitro*^{16,17}. Sin embargo, los mecanismos de fijación implante-tejido no están aún completamente entendidos.

Fijación morfológica

En tornillos, por ejemplo, la unión depende del crecimiento del tejido en la región entre las cuerdas del dispositivo, lo cual resulta en un *entrelazado mecánico* macroscópico entre el implante y el hueso. Con el cemento acrílico, PMMA, la unión del implante al hueso se logra a través de la incorporación del PMMA en estado pre-polimerizado, a las regiones irregulares y a los poros sobre la superficie del hueso donde polimeriza y crea un entrelazado *mecánico*. En un sentido estricto, en estos dos métodos de unión no tiene lugar la oseointegración del implante y el mecanismo de fijación puede considerarse como esencialmente morfológico.

Oseointegración biológica

En el caso de componentes ortopédicos metálicos con recubrimientos porosos o con superficies microtexturizadas, el diseño de las características de la superficie debe ser tal que promueva y facilite el crecimiento del tejido óseo en los poros e irregularidades de la superficie del implante. Este mecanismo depende críticamente del tamaño y distribución de los intersticios donde el hueso debe crecer. Por razones asociadas con la velocidad de crecimiento del tejido óseo y para mantener una irrigación sanguínea adecuada en los tejidos, el tamaño mínimo de los intersticios en recubrimientos porosos se limita generalmente a $100 \mu\text{m}$ ¹⁰. El entrelazado mecánico entre el biomaterial

y el hueso en este método de fijación ocurre a una escala más fina que en los dos métodos anteriores y puede considerarse como un proceso de oseointegración a nivel biológico, en el sentido de que el tejido óseo crece hacia las características superficiales del implante.

Oseointegración en superficies bioactivas

En años recientes se ha observado una creciente actividad de investigación sobre el uso de recubrimientos cerámicos bioactivos sobre sustratos metálicos. Recubrimientos a base de fosfatos (hidroxilapatita o fosfatos de calcio multifásicos) se han empleado para crear recubrimientos superficiales con espesores de 50 a 100 μm . Estos permiten el enlace entre el biomaterial y el tejido a una escala mucho más fina que con los tres métodos ya presentados^{11,18}. Aunque aún persisten ciertos problemas relacionados con la uniformidad de los recubrimientos y la estabilidad a largo plazo de la unión, el principio de fijación del implante via superficies bioactivas está firmemente establecido¹⁸⁻²⁰. Recubrimientos logrados mediante el depósito por plasma de hidroxilapatita sobre implantes de titanio son usados clínicamente en las actualidad^{11,18,20-22}.

Una de las justificaciones más favorecidas para el uso de recubrimientos bioactivos sobre implantes ortopédicos tiene que ver con la posibilidad de formar una interfase a través de un mecanismo de unión que va más allá del simple entrelazado mecánico característico de los otros métodos de fijación. Durante el proceso de recuperación de los tejidos en la cercanía del implante, ocurre una *interdigitalización* entre el colágeno del hueso y el carbonato de calcio recristalizado de la hidroxilapatita^{12,23-25}. En el caso de los vidrios bioactivos, la unión hueso-biomaterial está controlada aparentemente por la reactividad superficial del Ca y el P²³⁻²⁵. Los procesos interfaciales involucran la difusión del Ca y el P hacia la interfase, la reprecipitación de cristales de carbonato-apatito en la interfase y el crecimiento simultáneo del tejido óseo. En el caso de los implantes o recubrimientos de hidroxilapatita, se

conoce poco acerca de las reacciones superficiales que dan lugar a la oseointegración. Sin embargo, los valores conocidos²⁶ de resistencia interfacial a la tensión de implantes recubiertos con hidroxilapatita son significativamente más altos que la de los implantes sin recubrimiento. Por lo tanto, las reacciones entre el implante recubierto con sustancias bioactivas y el hueso resultan en la formación de una región interfacial estable. Esta puede proveer una fijación más resistente del implante a través de un mecanismo de entrelazado mecánico a una escala mucho más fina que en cualquiera de los otros métodos de fijación.

En la actualidad, los recubrimientos bioactivos se emplean principalmente sobre implantes ortopédicos metálicos de Ti y sus aleaciones. La razón de esta preferencia sobre otros substratos metálicos está basada en la observación²⁷ de que el Ti puede formar una interfase más próxima al tejido óseo mineralizado en comparación con las aleaciones de Co y los aceros inoxidable. Sin embargo, las distancias de aproximación del colágeno mineralizado a implantes fabricados con Ti varían desde 200 Å hasta 1 μm²⁸. Esta amplia variación hace imposible distinguir entre los diferentes biomateriales con respecto a las características de la interfase y no justifica la preferencia hacia el Ti como material de substrato²⁹. Sin embargo, en el caso del Ti, la incorporación de iones Ca^{2+} y P^{5+} a las películas de TiO_x formadas sobre los implantes³⁰ indica una interdifusión de estas especies y, posiblemente, una componente química para la unión biomaterial-tejido óseo.

En las aleaciones de Co y en los aceros inoxidable, la interdifusión de iones P^{5+} o $(PO_4)^{3-}$ puede ocurrir efectivamente dentro de las capas pasivas de Cr_2O_3 . Sin embargo, en el caso del Ti, la incorporación de iones Ca^{2+} y P^{5+} a las películas de TiO_x formadas sobre los implantes³⁰ indica una interdifusión de estas especies y, posiblemente, una componente química para la unión biomaterial-tejido óseo.

En las aleaciones de Co y en los aceros inoxidable, la interdifusión de iones P^{5+} o $(PO_4)^{3-}$ puede ocurrir dentro de las capas pasivas de Cr_2O_3 .



Sin embargo, aparentemente esta interdifusión no involucra la absorción de Ca^{2+} necesaria para la oseointegración del implante. Además, se sabe que el TiO_x es termodinámicamente más estable que los óxidos formados en los aceros inoxidable (316L) o las aleaciones de Co³¹. Pilliar *et al.*²⁹ han sugerido que estas diferencias en reactividad superficial pueden dar origen a pequeñas diferencias en el grado de biocompatibilidad de las aleaciones usadas normalmente en la fabricación de implantes. El grado de biocompatibilidad depende, en este caso, de la extensión de la difusión de las especies iónicas asociadas con la formación del tejido óseo sobre la superficie del biomaterial y la estabilidad química de las composiciones resultantes.

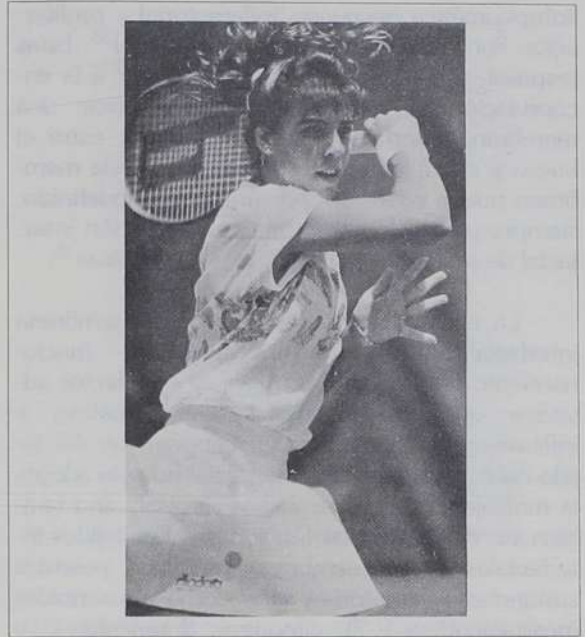
Como se mencionó anteriormente, la resistencia mecánica interfacial de la unión biomaterial-tejido es de primordial importancia con respecto a la estabilidad e integridad del implante. La falla mecánica de la estructura hueso-biomaterial es, en general, de naturaleza cohesiva y puede ocurrir a través del biomaterial (como en el caso del PMMA en prótesis cementadas), a través del hueso (como en el caso de prótesis no-cementadas con recubrimientos porosos) o a través de ambos. En un estudio²⁶ sobre la resistencia inter-

facial entre el hueso y un implante de Ti, se registraron valores sustancialmente mayores (1 MPa) cuando el implante era recubierto con hidroxilapatita por el método de depósito por plasma. Esto indica una mayor efectividad de las superficies bioactivas en la formación de una interfase que asegure la transferencia de esfuerzos a través de la interfase a largo plazo. Desafortunadamente, debido a dificultades experimentales, este tipo de información, de importancia fundamental en el desarrollo de biomateriales, es muy escasa en la literatura especializada y se requiere de mucho trabajo de investigación en esta área.

Respuesta biológica del cuerpo humano a los biomateriales

El problema clínico más importante asociado con las artroplastias de articulaciones está asociado con el deterioro progresivo del tejido óseo adyacente a los implantes. Esto tiene como resultado que el paciente sufra dolor y/o la migración del implante. Por lo tanto, este proceso de osteólisis debe ser considerado como una indicación mayor de inestabilidad mecánica y probable pérdida de la integridad de la estructura hueso-implante.

Desde el punto de vista mecánico, el aflojamiento de implantes ortopédicos cementados puede ser atribuido a una transferencia de esfuerzos deficiente entre el hueso y el implante (enmascaramiento de esfuerzos) o a la falla mecánica de las interfases (implante-PMMA, PMMA-UHMWPE y PMMA-hueso) debido a sobrecargas³². En implantes no-cementados, la falla del hueso en la periferia del implante puede ocurrir también por sobrecarga³³. Esta *teoría mecánica* de la pérdida de integridad en la interfase hueso-implante no toma en cuenta la reacción biológica del sistema inmunológico del cuerpo humano a la presencia física del implante y a la acumulación de partículas en la interfase. Las partículas generadas durante el desgaste y la disolución de los materiales debido a esfuerzos, micromovimientos relativos en la interfase y a la corrosión, tienen un efecto de gran relevancia con respecto a la probabilidad de falla del implante^{32,34,36}.



En 1990, la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM), a través del Comité F-4 Materiales y Dispositivos Médicos y Quirúrgicos, organizó el simposium "Particulate Debris from Medical Implants and Biological Consequences"³⁴. En este simposium, los temas centrales a discutir fueron las respuestas observadas de los tejidos óseos a la presencia de partículas de materiales implantados, con el propósito de identificar los factores que pudieran limitar la producción de estas partículas o moderar la respuesta del tejido a su presencia. A continuación se presenta un análisis de los aspectos más relevantes de la teoría biomecánica de la pérdida de integridad de la estructura hueso-implante.

Teoría biomecánica de la osteólisis

La acumulación de partículas de materiales extraños en la interfase hueso-implante produce un patrón de reacción uniforme e independiente de la naturaleza química del material^{32,35,36}. Este patrón comprende a la formación de una membrana interfacial compuesta de macrófagos (respuesta granulomatosa), acompañada por una infiltración

linfoplasmática (respuesta inflamatoria) y proliferación fibroblástica (respuesta cicatrizante)³⁵. Estas respuestas, mediante un proceso similar a la encapsulación de materiales extraños, crean una membrana interfacial que se interpone entre el hueso y el implante. El crecimiento de esta membrana puede continuar por un tiempo indefinido, siempre y cuando exista una concentración interfacial de partículas poliméricas y/o metálicas³⁵.

La evolución progresiva de esta membrana interfacial afecta negativamente el funcionamiento del implante a través de los efectos adversos que las respuestas granulomatosa e inflamatoria tienen sobre la recuperación del tejido óseo. La membrana interfacial no solo adopta la morfología de la membrana sinovial, sino también sus características funcionales. Los tejidos interfaciales en la membrana producen potentes sustancias inflamatorias, tales como eicosanoides (prostaglandina E-2), citoquinas (Interleukin-1) y metaloproteinasas (colagenasas), las cuales pueden servir como agentes promotores de la reabsorción ósea en la superficie del implante^{33, 38}.

El espesor de la membrana interfacial, así como la intensidad de las respuestas inflamatoria, granulomatosa y cicatrizante de los tejidos, determinan el papel biomecánico de la interfase con respecto al funcionamiento del implante³⁹. Inicialmente, las membranas interfaciales no son patológicas. Las capas colaginosas rimarias, denominadas comúnmente como *membranas interfaciales fisiológicas*, tienen un espesor de únicamente unas cuantas micras y no impiden el funcionamiento efectivo de la prótesis. Teóricamente, las membranas fisiológicas interfaciales pueden representar ciertas ventajas funcionales; ya que pueden amortiguar y distribuir más uniformemente los esfuerzos impuestos sobre la unidad hueso-implante. En contraste, la evolución de membranas patológicas con espesores que varían desde unos cuantos milímetros hasta *más de un centímetro*, generalmente están asociadas con la inestabilidad mecánica y la pérdida de integridad de la estructura hueso-implante. Esto se debe a que este tipo de membranas permiten el macromovimiento entre la prótesis y el hueso, lo cual produce dolor en el paciente, e interfieren con la deseada transferencia de esfuerzo entre los com-

ponentes de la prótesis y el tejido óseo adyacente.

Existe actualmente una gran controversia en relación a la patogénesis de membranas patológicas interfaciales. Algunos investigadores⁴⁰⁻⁴² han propuesto que, en el caso de las artroplastias cementadas, los efectos nocivos del metilmetacrilato (en estado monomérico o polimérico), así como el calor producido durante la polimerización, resultan en la destrucción del tejido adyacente al implante. De acuerdo con esta hipótesis, la evolución de una membrana tisular interfacial blanda ocurre como consecuencia de los procesos recuperativos secundarios del tejido óseo dañado. Una vez que la membrana interfacial patológica se ha formado y la estabilidad de la prótesis se ha perdido, la membrana puede continuar creciendo progresivamente debido a que el micromovimiento y macromovimiento posterior aceleran los procesos de erosión, desgaste y corrosión de los biomateriales. Esto produce un incremento en la concentración de partículas poliméricas y metálicas en la interfase. La dinámica de este proceso permite explicar el crecimiento de las membranas interfaciales patológicas en función de las alteraciones inflamatorias, granulomatosas y cicatrizantes asociadas con la presencia de partículas en la interfase hueso-implante.

Tradicionalmente, las partículas de metilmetacrilato han sido asociadas con el proceso de desintegración del tejido óseo adyacente al implante y, en consecuencia, de la eventual pérdida de integridad de la estructura hueso-implante⁴³⁻⁴⁷. A este mecanismo se le ha dado el nombre de "enfermedad del cemento" y sus efectos nocivos dieron origen al desarrollo de implantes no-cementados en los cuales la unión del implante al hueso se logra mediante el crecimiento del tejido óseo sobre recubrimientos porosos o superficies microtexturizadas¹⁰. Sin embargo, la astroplastia no cementada no ha resuelto el problema de la desintegración del tejido óseo. Reportes clínicos sobre hemi-artroplastias no-cementadas^{48,49} que datan de la década de los años 50, involucrando materiales como el nylon, el polietileno y el PPMA, indican fracasos después de tiempos post-operativos muy cortos. Estas fallas fueron atribuidas al desgaste abrasivo generalizado de la articulación y a la destrucción masiva del tejido óseo que se ob-

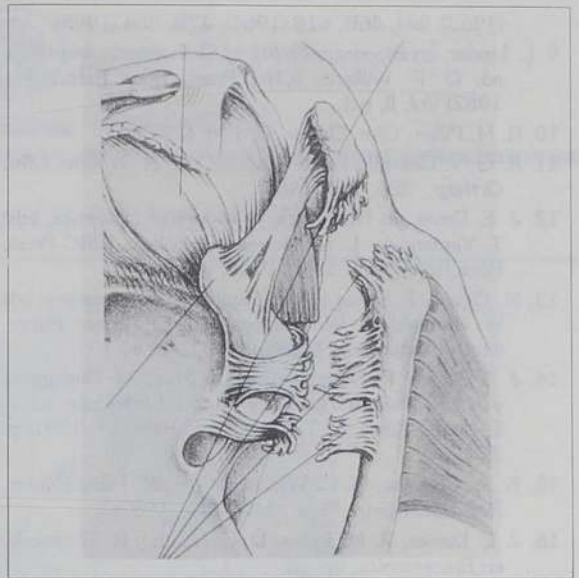
servó durante el proceso. Existen reportes recientes⁵⁰⁻⁵² de que este fenómeno ocurre también rápidamente en los diseños contemporáneos de prótesis no-cementadas.

Boss *et al*³⁵ mencionan que en las membranas interfaciales de prótesis cementadas, la cantidad de partículas de PMMA depositadas en la interfase y la intensidad de la respuesta granulomatosa resultante son mínimas en comparación con los procesos reactivos generalizados producidos por las grandes cantidades de partículas de polietileno y metal depositadas en las interfaces patológicas de prótesis no-cementadas⁵³. Estos investigadores también han presentado evidencia experimental sobre la similitud de las características morfológicas y funcionales de las membranas interfaciales producidas en prótesis cementada y no-cementadas. El depósito de partículas en la interfase induce reacciones linfocíticas y macrofágicas con efectos adversos sobre los tejidos adyacentes, especialmente sobre el tejido óseo. La intensidad de estas reacciones depende de la producción de sustancias celulares inflamatorias que, a su vez, son independientes de la naturaleza química de los agentes que las provocan.

Clark *et al*³² revisaron los problemas clínicos asociados con la destrucción del tejido óseo debido a la reacción del sistema inmunológico ante la presencia de materiales extraños. La conclusión de este trabajo fue que "cualquier partícula capaz de ser fagocitada por macrófagos, producida durante el desgaste y la corrosión de cualquier material de implante, puede contribuir significativamente al proceso de destrucción del tejido óseo".

Conclusión

Se puede concluir que los modelos de implantes para articulaciones presentes y futuras deben considerar de manera enfática las combinaciones de materiales y diseños que minimicen la incidencia de formación de partículas a través de procesos de desgaste y corrosión durante la vida del implante. De lograrse este objetivo, el tiempo de sobrevivencia de los implantes puede extenderse



considerablemente y, aún más importante, la presencia de materiales extraños en el sistema músculo-esquelético causará una degradación mínima del tejido óseo.

El autor del presente trabajo agradece al COSNET y al CONACYT el apoyo financiero otorgado al Programa de Investigación en BioMateriales (BIOMAT) de la Unidad Saltillo del CINVESTAV.



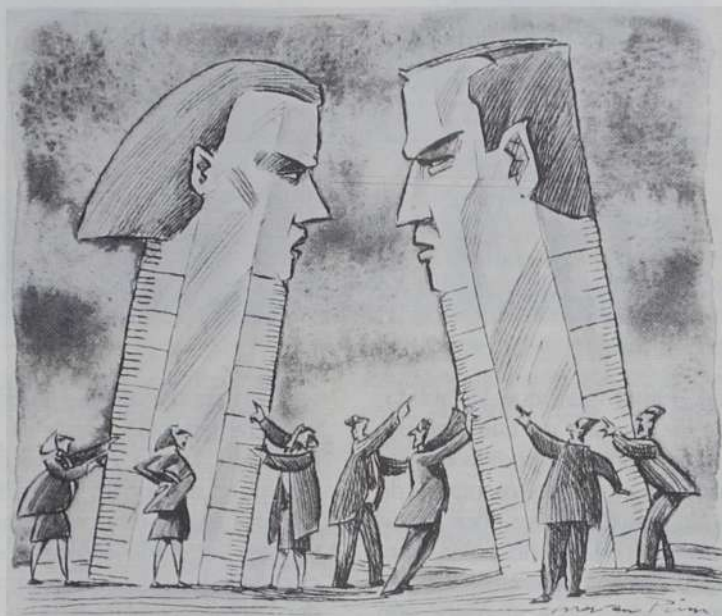
Notas

1. R. Collins y H. B. Kingsbury, *Osteoarthromecanics*, ed D. N. Ghista, (McGraw-Hill, N. Y. 1982) p. 93.
2. P. C. Noble, *Metals Forum*, 6, 59 (1983).
3. M. Semelitsch y H. G. Willert, *Med. Biol. Eng. Compt.*, 18 (1980).
4. J. C. Escobedo B., J. L. Rodríguez G. y D. A. Cortés H. "Fabricación de prótesis de cadera empleando la aleación ASTM-F75-87 mediante el proceso de fundición de precisión". Reporte interno de investigación, CINVESTAV- Unidad Saltillo, junio 1993.
5. Norma IMSS-063: Material de curación (endoprótesis).
6. ASTM Designation F75-87, (1991 *Annual Book of ASTM Standards*, vol. 13.1 Medical Devices, (American Society for Testing of Materials)
7. R. Adell, U. Lekholm, B. Rockler y P-I. Branemark, *Int. J. Oral Surg.*, 10, 387 (1981).
8. J. Chamley: *Acrylic Cement in Orthopaedic Surgery*, (Edinburgh, 1970) p. 2; *J. bone J. Surg.* 42B, 28

- (1960); *ibid*, 46B, 618 (1964); 47B, 354 (1965).
9. L. Linder, en *Biocompatibility of Orthopaedic Implants*, ed. D. F. Williams (CRC Press, Boca Raton, FL, 1982) Vol. II, p.1.
 10. R. M. Pilliar, *Clin. Orthop.* 42 176, (1983).
 11. R. G. T. Geesink, K. de Groot y C. P. A. T. Kein, *Clin. Orthop.*, 225, 147 (1987).
 12. J. E. Davies, en *Handbook of Bioactive Ceramics*, eds. T. Yamamuro, L. L. Hench y J. Wilson, (CRC Press, Boca Raton, F.L, 1990) Vol. I, p. 195.
 13. M. Ogura, T. Sakae y J. E. Davies, en *Bioceramics*, eds W. Bonfield, G. W. Hastings y H. E. Tanner (Butterworth Heinemann, London, 1991) vol 4.
 14. J. E. Davies, P. Ottensmayerm X, Shen, M. Hashimoto y S.A.F. Peel en *The Bone Material Interface*, ed. J. E. Davies (Univ. of Toronto Press, Toronto, 1991) p. 214.
 15. N. A. Coombs, G. C. Weatherly y R. M. Pilliar (*Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, 110, 349, (1987).
 16. J. E. Davies, R. M. Pilliar, D. C. Smith y R. Chernenky en *Bioceramics*, op. cit.
 17. J. E. Davies, N. Nagai y D. C. Smith, en *The Bone Material Interface*, op. cit.
 18. K. A. Thomas, J. F. Kay, S. D. Cook y M. Jarcho, *J. Biomed. Mater. Res.*, 21, 1395 (1987).
 19. M. S. Block, J. N. Kent y J. F. Key, *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 45 601 (1987)
 20. S. D. Cook, K. A. Thomas, J. F. Kay y M. Jarcho; *Clin. Orthop.* 232, 225 (1988).
 21. K. de Groot, R. G. T. Geesink, C.P.A.T. Kein y P. Serejian, *J. Biomed. Mater. Res.* 21, 1375 (1987).
 22. M. S. Block, L. R. Guerra, J. N. Kent y I.M. Finger, *Int.J. Oral Maxillofac. Implants*, 2, 1375 (1987).
 23. L. L. Hench, en *Bioceramics: Materials Characteristics Versus in-Vivo Behaviour*, eds. P. Ducheyne y J. Lemons (N. Y. A. S., 54, 1988).
 24. G. Deculsi, R. Z. LeGeros y M. Heuhebaert, *Cal. Tiss. Int.* 46 20 (1990).
 25. L. L. Hench y A. E. Clark; en *Biocompatibility of Orthopaedic Implants*, ed. D. F. Williams (CRC Press, Boca Raton, FL, 1982) Vol. II, p. 129.
 26. J. M. Spivak, L. L. Ricci, N. C. Bulmenthal y H. Alexander *J. Biomed. Mater. Res.* 24 1121 (1990).
 27. J. E. Davies, B. Lowenberg y A. Shiga, *J. Biomed. Mater. Res.*, 24, 1298 (1990) 1298.
 28. T. Alberktsoon, P-I. Branemark, H-A. Hansson, B. Kasemo, K. Larsson, I. Lundstrom, D. H. McQueen y R. Salak, *Ann. Biomed. Eng.* 11, 1 (1983).
 29. R. M. Pilliar, J. E. Davies y D. C. Smith, *Mater. Res. Soc. Bull.* 16, 55 (1991).
 30. B. Kasemo y J. Laussama: *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*, 3 (1988) 247.
 31. D. C. Mears *J. Bone Jt. Surg.*, 45B, 567 (1976).
 32. I. C. Clarke, P. Campbell y N. Kossovsky, en *Particulate Debris from Medical Implants: Mechanism of Formation and Biological Consequences*, ASTM-STP 1144, ed. Kenneth R. St. John (ASTM, Philadelphia, PA, 1992) p. 7.
 33. M. Spector, S. Shortkroff, H-P Hsu, N. Lane, C. B. Sledge y T. S. Thornhill, *Clin. Orthop.* 261 140 (1990).
 34. Véase Ref. 32
 35. J. H. Boss, I. Sharjawi, M. Soudry y G. Mendes, en ASMT-STP 1144, op. cit.
 36. S. B. Goodman y V. L. Fournasier: en ASMT-STP 1144, op. cit.
 37. S. Golding A. Schiller, M. Roelke, C. Rourke, D. O'Neill y W. H. Harris, *J. Bone Jt. Surg.*, 65A, 575 (1983).
 38. A. M. Appel, W. G. Sowder, C. N. Hopson y J. H. Herman, en Proc. 34th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, Atlanta., GA, 1988, p.362.
 39. M. A. R. Freeman, G. W. Bradley y P. A. Revell, *J. Bone Jt. Surg.* 64B, 489 (1982).
 40. H. U. Debrunner, A. Wettstein y P. Hofer en *Advances in Artificial Hip and Knee Joint Surgery*, eds. M. Shaldach y D. Hohman (Springer-Verlag, NY, 1976) p. 294.
 41. C. D. Jefferiss, A. J. C. Lee y R. S. M. Ling, *J. Bone Jt. Surg.*, 57B, 511 (1975).
 42. P. R. Meyer, E. P. Lautenschlager y B. K. Moore, *J. Bone Jt. Surg.*, 55A, 149 (1973).
 43. W. H. Harris, A. L. Schiller, J. A. Schaller, L. A. Freiberg y R. Scott, *J. Bone Jt. Surg.* 58A, 612 (1976).
 44. M. J. Jasty, W. E. Floyd, A. L. Schaller, S. R. Goldring y W. H. Harris: *J. Bone Jt. Surg.* 68A (1986) 912.
 45. L. Jones y D. Hungerford: *Clin. Orthop.*, 225 (1987) 192.
 46. H. D. Huddleston: *Journal of Arthroplasty*, 3 (1988) 1.
 47. W. H. Harris y D.S. Stringfield: *The New England Journal of Medicine*, 223 (1990) 534.
 48. P. H. Newman y J. T. Scales: *J. Bone & Joint Surg.*, 33B (1951) 392.
 49. J. T. Scales: biological and Mechanical Factors in Prosthetic Surgery, en "Modern Trend in Surgical materials (Butterworth, London, 1958) p. 70.
 50. S. D. Cook, K. A. Thomas y R. J. Jr. Haddad: *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 206 (1986) 127.
 51. J. J. Jacobs, R. M. Urban, F. Schajowicz, J. Gavilovic y J. O. Galante: en "Particulate Debris from Medical Implants: Mechanisms of Formation and Biological Consequences", ASTM-STP 1144, ed. Kenneth R. St. John (ASTM, Philadelphia, PA, 1992) p. 52.
 52. M. Jasty, W. J. Maloney, W. H. Harris, J. O. Galante y J. J. Callaghan: en "Particulate Debris from Medical Implants: Mechanisms of Formation and Biological Consequences", ASTM-STP 1144, ed. Kenneth R. St. John (ASTM, Philadelphia, PA, 1992), p. 61.
 53. N. A. Johanson, P. G. Bullough, P. D. Wilson, E. A. Salvati y C. S. Ranawat: *Xlin, Orthop. Rel. Res.*, 218 (1987) 123.



Franz Toward: *in memoriam*



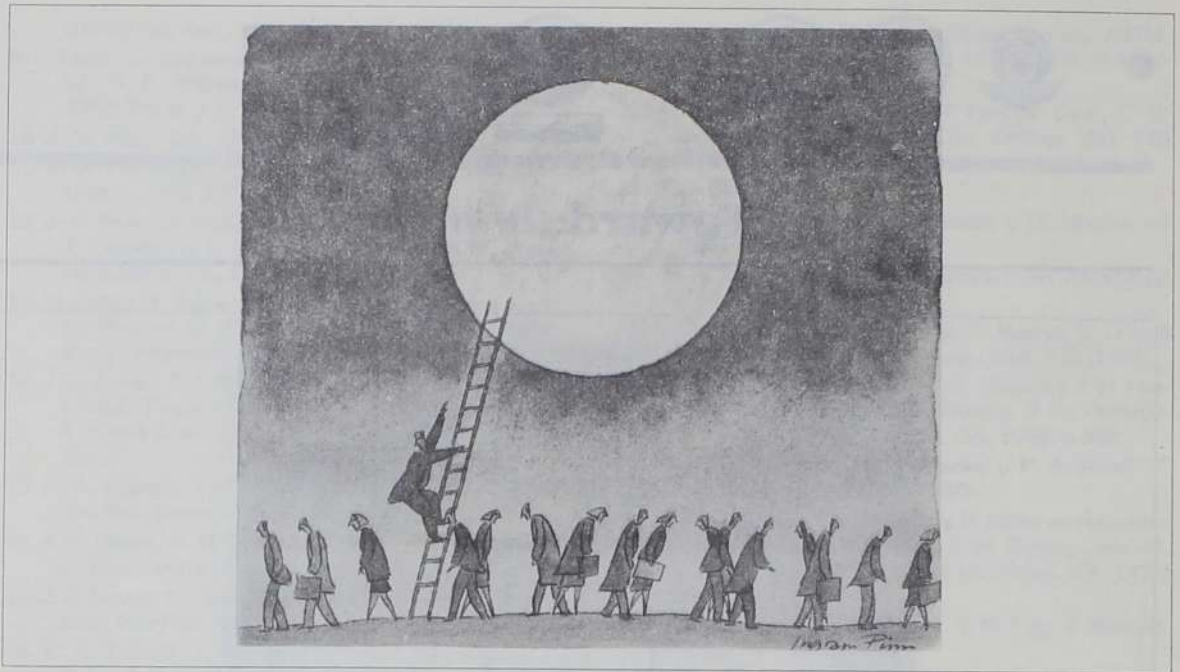
Manuel Gil Antón

La historia de Franz Toward (1919-1984) hubiese quedado archivada en la memoria de un pequeño grupo de personas, entre los que me encuentro por fortuna, de no haberse publicado recientemente una serie de artículos interesantísimos en *Avance y Perspectiva*¹. Casi resulta innecesario recordar su contenido, pues la comunidad científica nacional y buena parte del

resto del mundo siguieron atentamente las comunicaciones en torno al caso *Cereijido*. En el episodio más reciente, asistimos a la maravillosa historia de Douglas Handsome, cuestión que desde mi punto de vista aclara del todo el problema. Justamente al terminar de leerla me sorprendió un ataque de intranquilidad: nada serio, en el sentido que eso se cura con una caminata por las calles cercanas a la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia.

El M. en C. Manuel Gil Antón es egresado de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO, es profesor visitante en la Sección de Teoría y Metodología de la Ciencia del CINVESTAV y profesor titular de la UAM. Su campo de interés es la epistemología de las Ciencias Sociales.

Andar y pensar –vieja escuela– es muy productivo, pues si al final del paseo no se ha resuelto la inquietud, la circulación sanguínea habrá



resultado beneficiada. En el caso que les relato, unos pasos adelante de la casa en que siempre me ladra un perro al que nunca he podido ver, mi inquietud se resolvió en el vívido recuerdo de Franz Toward. Ya han pasado nueve años desde que nos dejó el maestro. Todavía no había temblado como en el 85 y éramos ingenuos: todo se mueve pero no pasa nada...vaya sí pasó; aún había mundo socialista y estábamos lejos del 88, aquel año en que, parafraseando a don Fernando Marcos, votamos como nunca y perdimos como siempre².

Aunque considero un atrevimiento pensar que estas líneas vean la luz de la imprenta en una revista tan respetable como en la que han aparecido la serie de textos que mis colegas llaman el caso *Cerejido*, me parece una obligación intentarlo. Franz Toward no merece el olvido en el que está recluso desde el 12 de diciembre de 1984, fecha aciaga por su muerte y porque la fiesta de la Virgen de Guadalupe hace contradictoria cualquier memoria luctuosa. En fin, regresé lo más pronto posible a mi oficina y, previa autorización de Piaget, solicitada de manera personal y del mismo modo concedida, me dispuse a escribir este texto.

En septiembre de 1984, el que esto escribe y cuarentaitantas personas más iniciamos nuestros estudios de Maestría en Ciencias Sociales. Porque el destino es así en las primeras semanas me hice amigo de dos muchachos de mi edad entonces: Fernando Zúñiga, costarricense al que, recién llegado, mientras compraba muebles para su departamento, el país le dio de bienvenida unos días en la cárcel. Los dólares que traía resultaron falsos y en lo que se averiguaba si él era el autor de tan buena obra de resarcimiento de intereses al Tercer Mundo, lo pusieron en la sombra. Salió bien librado y, hasta donde yo he podido indagar —uno nunca sabe—, él no los hizo. El otro gran amigo resultó ser Angel Blas, en este caso de nacimiento chapín y vecindado en Costa Rica.

Luego de tres semanas, pasadas las fiestas patrias, fuimos a tomar unas cervezas para mitigar la sed y la sensación de estar extraviados. Comentamos que si uno en clase decía, por ejemplo: "Maestro, yo creo que el pizarrón es verde", la reacción del profesor o de los demás condiscípulos no era lógica: "Bueno, eso depende, según quién lo haya dicho". Recuerdo haber dicho varias veces: "Pues según yo o ¿cómo lo ven ustedes?" Lo que a continuación seguía era la

razón del extravío: "Mire usted —o fíjate ignorante, según se tratara de algún profesor o un colega estudiante— de acuerdo con Durkheim no es del todo verde, aunque Marx dice que es azul y Habermas afirma que tiende a ser comunicativamente rojo".

Fernando había estudiado economía, Angel algo de ciencias sociales y yo había estado inscrito como estudiante en una facultad de filosofía. Ahora recuerdo que en esta empresa también Javier MacGregor fue socio, historiador y encargado de las mudanzas durante los primeros días en que había que acomodar a los nacidos en Extranjería en los departamentos que iban alquilando. Javier compartió las cervezas, la amistad y el sentimiento de estar a la deriva. Nuestra pregunta fundamental era: "¿No se puede decir nada sin citar a un autor famoso, de preferencia, como lo hacían el compañero A y la compañera B, con todo y número de página? ¿No es válido pensar?"

Ciertamente, tratábamos de estudiar, pero no nos alcanzaba el tiempo para leer 500 páginas cada día y vivir. Con la ayuda de Juan Luján diseñamos un sistema para indagar rápido la raíz del problema asociado a fundamentar todo con citas de textos... Total, para qué los aburro con los detalles: yo no sé si fue que, absolutamente sin querer, sin haberlo planeado, llegamos a la hora feliz y, como ustedes saben, en esa condición ocurre el milagro de pedir una y ver llegar dos por el mismo precio; no sé, insisto, si fue la cantidad consumida o la calidad de las botanas que servían en el bar *La Puñalada*, pero a alguno de nosotros se nos ocurrió la idea que habría de permitirnos sortear las aguas de la ciencias sociales: "¿y si inventamos un autor y lo citamos para afirmar que, a nuestro juicio, el pizarrón es verde?"

Ante planteamiento tan lúcido, surgió la mexicanísima expresión de acuerdo pleno: "órale, ya vas". Ni tardos ni perezosos, urdimos el plan. Nuestro autor, luego de varias propuestas, llevaría por nombre Franz Toward. Para darle verosimilitud a nuestro padre teórico, durante algunos días, con la complicidad de Nora, una excelente amiga que trabajaba en la biblioteca, hicimos fichas de obras de nuestro querido Franz. Recuerdo una muy claramente:

Toward, Franz: *Hacia una estadística cuantitativa y cualitativa de los fenómenos sociales*

Editorial La Oveja Negra
Caracas, Venezuela, 1959.

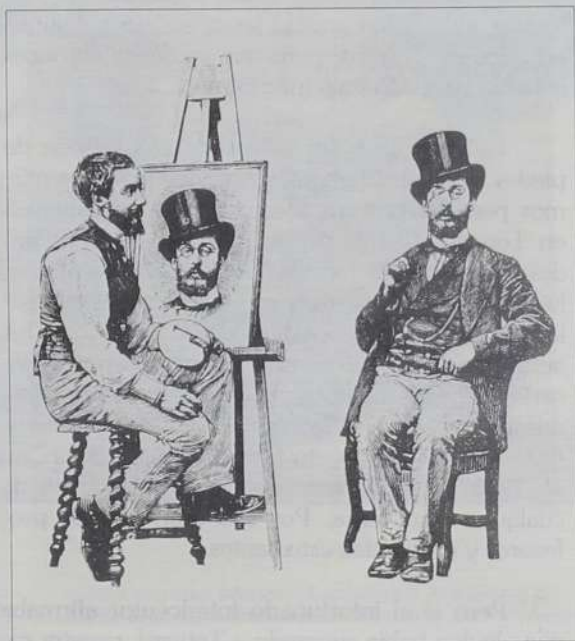
Además de colocarlas en los ficheros, tanto de autor como de tema, empezamos a anotar en el pizarrón —a nuestro juicio y según Toward perfectamente verde— recomendaciones bibliográficas para ciertos temas. Ya en ese tiempo gozaba de buena salud todo autor que publicara en inglés, así que creamos también citas como la que sigue:

Toward, Franz: *Theory and Social Point of View: the risk and the dark side of Weber's theory*

Harvard University Press, 1973.

Nora tenía instrucciones precisas: el libro de Toward que se solicitara estaría prestado a domicilio: Javier, Angel, Juan, Fernando y Manuel resultaban ser los afortunados que disponían de la obra, cuestión que conducía al buscador a nosotros.

A la vuelta de los años reconozco que nuestra decisión fue desesperada. Sólo estando ahí se



puede comprender la necesidad de la invención de Toward para poder pensar sin tener que haber confirmado alguna coincidencia previa en un autor famoso. Nos impusimos una regla ética muy firme: si al comentar algo de Toward, un profesor o un compañero nos decía que no lo conocía o que no tenía ni idea de quién era indefectiblemente le explicábamos el invento y le pedíamos que nos guardara el secreto por un tiempo. Casi siempre, alegres, nos pedían permiso de participar en el juego. Era maravilloso tener como cómplices a Fernando Cortés, a Rosa María Ruvalcaba, Alberto Arnaut y Oscar Cuéllar, por mencionar a algunos de los maestros. Recuerdo a Fernando decir: "Este problema, como ya ustedes saben, lo resolvió Toward en los años cincuenta..." y algún compañero de esos que viven con la divisa de "habla o pereces", solicitaba intervenir: "Me permito indicarle profesor, que Bunge refuta a Toward en la *Lógica de la Investigación Científica*, página 697 y, por cierto, Derridá y Foucault, desde la des-construcción del dis-curso towardiano, lo su-pera-n".

En las bancas de hasta atrás, donde siempre nos sentábamos, gozábamos como chavales las barbaridades que se derivan de la soberbia. En una reunión informal, un profesor nos aseguró que en Stanford, donde había estudiado su doctorado, sólo había podido tener acceso a algunos artículos de Toward, pero que ya desde entonces le había parecido muy interesante.


Tuvimos en nuestras manos una especie de piedra filosofal. Citábamos algo que nosotros mismos pensábamos era adecuado y lo apoyábamos en Toward. Si nos decían que ese autor les era desconocido, les confesábamos el invento y, luego de un rato de risa con las anécdotas acumuladas, seguíamos considerando la idea: que los autores sirvan para pensar, no para dejar de hacerlo. En esos tiempos –y quizá ahora también– nuestros profesores sabios y los mejores de nuestros compañeros no tuvieron duda en decir: no sé, no sólo al respecto del buen Franz, sino de cualquier otro tema. Por eso eran buenos profesores y excelentes estudiantes.

Pero si el infortunado interlocutor afirmaba que alguien había superado a Toward, nuestra ca-

pacidad silogística, sofisticada y futbolística se concentraba en defenderlo. Casi siempre ganábamos, pues nuestra posibilidad de inventar argumentos estúpidos y referencias a textos en alemán o en italiano tendía al infinito.

No obstante, todo por servir se acaba. El 12 de diciembre de 1984, en una reunión de profesores y estudiantes comunicamos al pleno la muerte de Franz Toward. Muchos ya eramos cómplices, pedimos y se guardó un minuto de silencio. Acto seguido, la risa de la mayoría desconcertó al resto. Nunca me volvieron a hablar varios de mis compañeros y algunos profesores, supongo, lo siguieron haciendo porque no tenían remedio.

En estos meses, un buen amigo que quiere que yo avance en mi formación suele decirme, "Manuel, no leas tanto, piensa". Tiene razón, a él se lo decía otro sabio hace algunos años y, como hizo caso, hoy sabe que saber es generar preguntas, esto es, ampliar el horizonte de nuestras miradas. Para ello es indispensable estudiar a los autores que han marcado rumbos, pero no para contemplar y repetir sus propuestas, sino para pensar con ellas.

La vida de Franz Toward no fue en vano. Debo volver a Piaget y a mis preguntas. Quizá este escrito fue un artilugio de la vida para recordar a los amigos con quienes me formé y a los que debo tanto: todos fuimos discípulos de Franz Toward, enhorabuena. 

Notas

1. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* 11, 322 (1992); D. Handsome, *ibid*, 12 249 (1993); A. Hörvat *et al.*, *ibid* 12, 307 (1993); G. D. Masllorens, *ibid* 12, 374 (1993).
2. En el Campeonato Mundial de Fútbol de 1986, celebrado en México, la selección nacional enfrentó en Monterrey al equipo alemán. En ese entonces, don Fernando Marcos acuñó una frase fundamental: "Jugamos como nunca y perdimos como siempre".

CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.

La sección de comunicaciones
del Departamento de
Ingeniería Eléctrica
invita a las personas interesadas
en cursar estudios de:

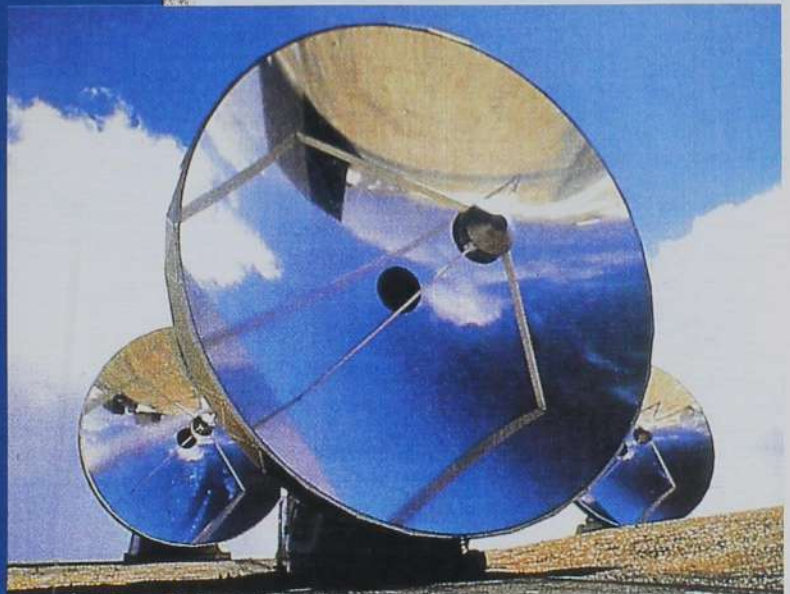
Maestría en comunicaciones

- Sistemas de Comunicación por Microondas y por Satélites
- Propagación
- Sistemas de Radiocomunicación
- EMC de Sistemas de Radiocomunicación

- Teoría de Señales
- Teoría Estadística de las Comunicaciones
- Teoría de Colas y Teletráfico
- Fundamentos de Sistemas de Transmisión

- Comunicación de Datos
- Redes de Computadoras
- Telefonía Digital
- Comunicaciones Ópticas

- Comunicaciones Móviles
- Redes de Servicios Integrados
- Diseño de Circuitos Integrados (VLSI)
- Nuevos Servicios de Telecomunicaciones



Para mayores informes: Coordinador Académico del
Depto. de Ingeniería Eléctrica Sección de Comunicaciones

Av. IPN No. 2508 (esq. Calz. Ticomán)
Apdo. Postal 14-740 México 07000, D.F.
Tel. 754 02 00 ext. 3423 Fax. 586 62 90 y 752 05 90
Email: COMUNICA@CINVESTAV.COM.MX BITNET

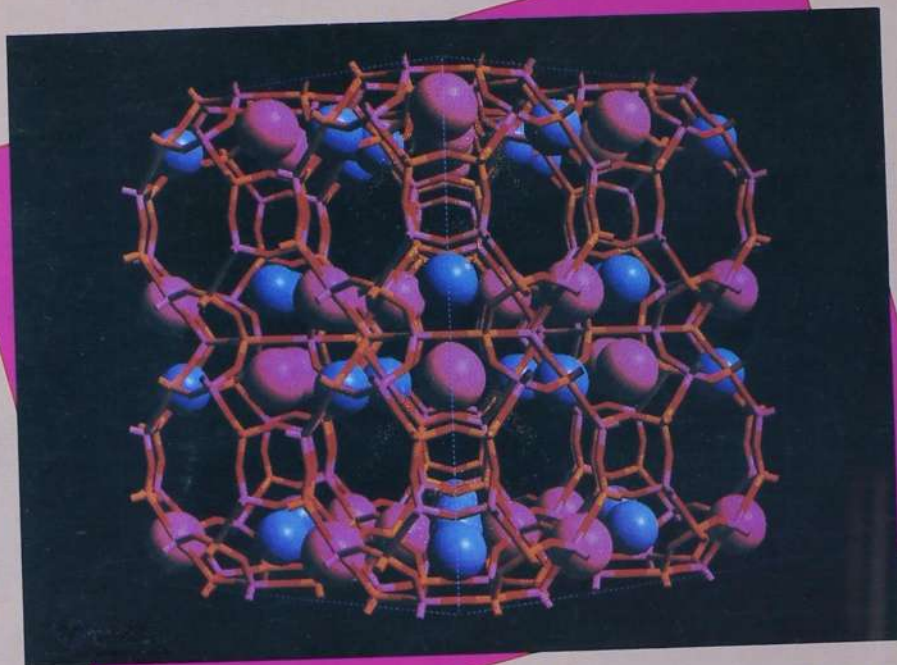


El Departamento de Química del CINVESTAV
invita a realizar estudios de doctorado en:

Química orgánica

Fisicoquímica

Química inorgánica



A las personas que hayan concluido
sus estudios de Licenciatura en algún
área de la Química.

**Cursos de Prerrequisitos del 1 de marzo al
30 de junio.**

Química Orgánica ● Química General ● Matemáticas ● Fisicoquímica

Las personas que hayan realizado estudios de Maestría en Ciencias en
alguna otra institución, pueden también solicitar examen de admisión.

Exámenes de admisión del 18 al 25 de julio de 1994, fecha de inicio 1 de septiembre de 1994