



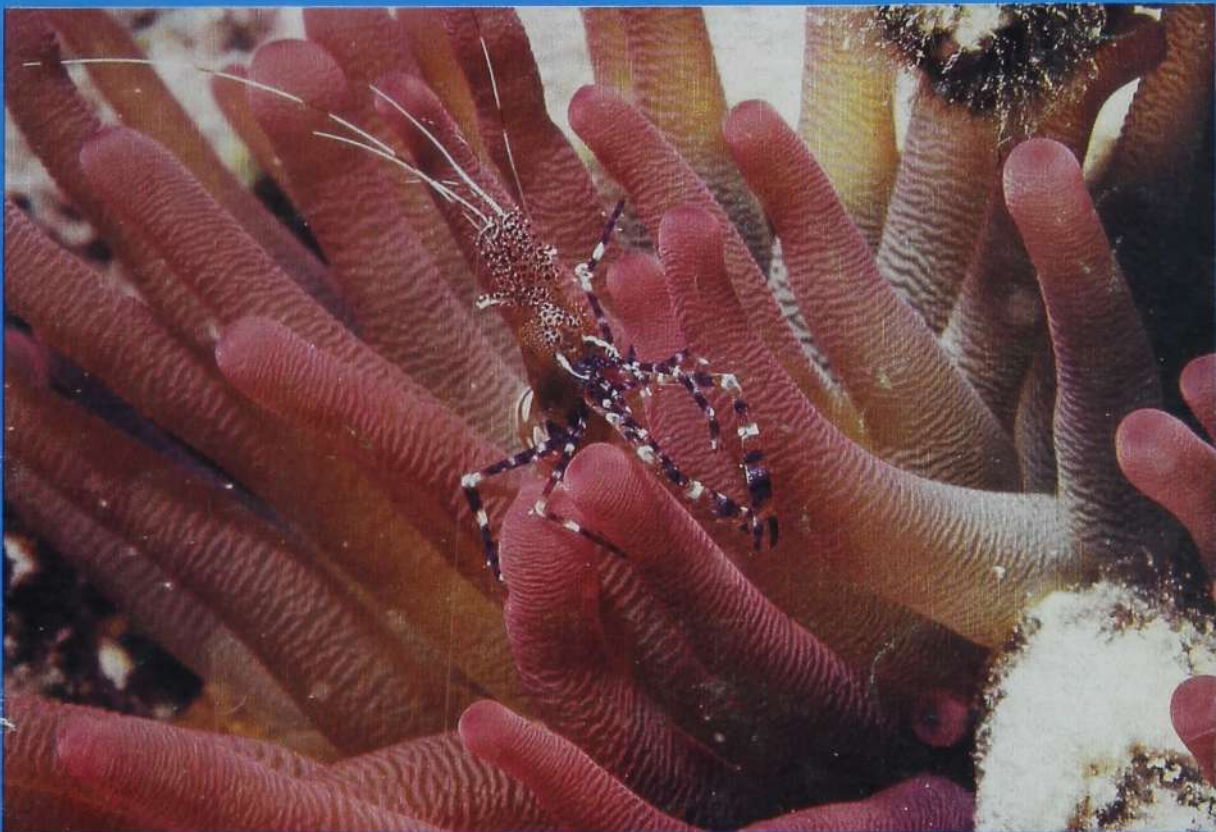
AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 11, julio-agosto de 1992

México ISSN 0185-1411
Distribución gratuita

Biología marina en México



Distinguibilidad de los neutrinos

La física en América Latina

EI SNI

B I B L I O T E C A
AREA BIOLOGICA
CIQVESTAV

Departamento de
GENETICA Y BIOLOGIA MOLECULAR



SE INVITA
A LOS EGRESADOS DE LAS LICENCIATURAS EN BIOLOGIA,
BIOQUIMICA, MEDICINA, QUIMICA, FARMACOLOGIA Y RAMAS
AFINES A CURSAR:

**MAESTRIA Y DOCTORADO
EN GENETICA Y BIOLOGIA
MOLECULAR**

Regulación de la expresión genética y de la traducción, proteínas ribosomales, bases moleculares de la interacción huesped-parasito, diagnóstico molecular de enfermedades infecciosas y hereditarias, oncogenes y cáncer, morfogénesis y bioquímica de la pared celular de hongos.

Inicio de tramites: Junio 3, 1992
Exámen de admisión: Agosto 20, 1992
Inicio de programa: Septiembre 1º, 1992

INFORMES: Dra. Ma. Guadalupe Ortega-Pierres
Departamento de Genética y Biología Molecular
CINVESTAV IPN Av. IPN No. 2508 (esq. Ticomán) A.P. 14-740 C.P.
07000 México, D.F. Tel. 752 06 77 Ext. 5349 y 5328

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 Ángel Pérez Angón
Coordinación editorial: Martha Pérez de Izarrarás
Diseño y cuidado de la edición:
Rosario Morales A. y Ana Laura Ramírez Y.
Corrector de estilo: Carlos Chimal

CONSEJO EDITORIAL

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

Fotografía: Alfonso Medina

Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV

Captura: Ma. Eugenia López y Rosemary Ovando

Distribución: Sección coordinadora de cursos
en provincia

Tipografía: José Luis Olivares Vázquez

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a julio-agosto de 1992, volumen 11, se terminó de imprimir en julio de 1992. El tiraje consta de 6,000 ejemplares. **Editor responsable:** Miguel Ángel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. **Negativos, impresión y encuadernación:** Grupo Editorial EON, S.A. de C.V., Av. México-Coyoacán 421, Xoco, Col. General Anaya, 03330 México D.F., tels.: 604 1204 y 688 9112. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1992, vol. 11, pág. 82. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

Sumario Vol. 11, julio-agosto de 1992

- 203 Investigación y docencia en biología marina
Dalila Aldana Aranda
- 211 Distinguibilidad de los neutrinos
Julián Félix Valdez
- 217 Ecología de la academia en México y Europa Occidental
María de Ibarrola
- 225 Los compuestos organometálicos en la activación de moléculas inertes
Angeles Paz Sandoval

Perspectivas

- 233 La física en América Latina
Juan José Giambiagi

Foro: El Sistema Nacional de Investigadores

- 241 Investigadores en las universidades de los estados
Luis Fernando Anaya Velázquez
- 243 Los efectos desnaturalizados del SNI
María de Ibarrola
- 246 Un artículo claro
Yoav Basham
- 247 El SNI: un sistema perfectible
Marcelino Cerejido

NOTICIAS DEL CENTRO

Innovaciones Educativas

- 254 El reto de la enseñanza de la física
Román Castro Rodríguez

Avances de Ciencia y Tecnología

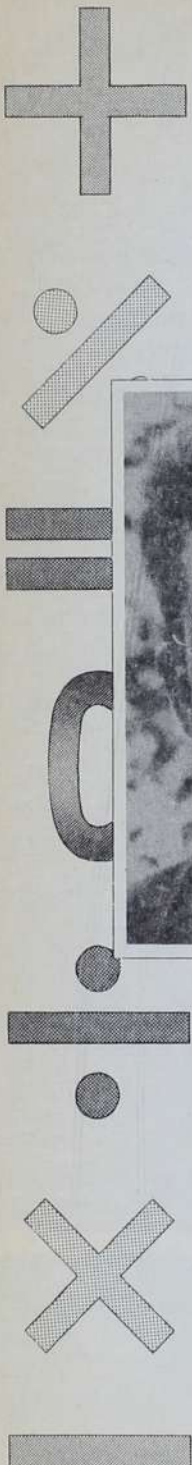
- 257 El grafito, el 4 de septiembre y el diamante
Robert Wolf

Matices

- 261 Y allá arriba, ¿qué hay?
Jorge Hernández R.

Portada: Camarón y anémona del mar Caribe.
Foto Jane B. Shaw/Bruce Coleman Inc.

BIBLIOTECAS
AREA BIOLOGICA
CINVESTAV



PREMIO SOTERO PRIETO 1992

A LA MEJOR TESIS DE LICENCIATURA EN MATEMATICAS



La Sociedad Matemática Mexicana convoca a los profesionistas en matemáticas y ramas afines, recién titulados, a presentar su tesis de licenciatura o su trabajo terminal para concursar en el **Premio Sotero Prieto 1992** a la mejor tesis de licenciatura en matemáticas.

La tesis deberá haber sido presentada entre el 1 de agosto de 1991 y el 30 de junio de 1992 en alguna institución mexicana de educación superior que otorgue el título de Matemático, Actuario, Estadístico o equivalente.

La fecha límite para recibir toda la documentación será el 10 de julio de 1992.

Se deberá anexar a la documentación respectiva, por triplicado, una breve semblanza del candidato que incluya sus datos personales, historial académico y el nombre del asesor o director del trabajo.

La entrega del premio (medalla y diploma) se hará durante la Ceremonia de Inauguración del **XXV Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana**, el día 28 de septiembre de 1992 en Xalapa, Veracruz.

Comisión del Premio Sotero Prieto:

Dr. Onésimo Hernández Lerma (CINVESTAV)
Dra. Silvia de Neymet (FCUNAM)
Dr. Carlos Prieto (IMUNAM)
Dr. Carlos Rentería (ESFMIPN)
Dr. Luis Verde (UAM-I)

La documentación se recibirá en:
El Instituto de Matemáticas,
Ciudad Universitaria, 04510 México, D.F.

INFORMES:

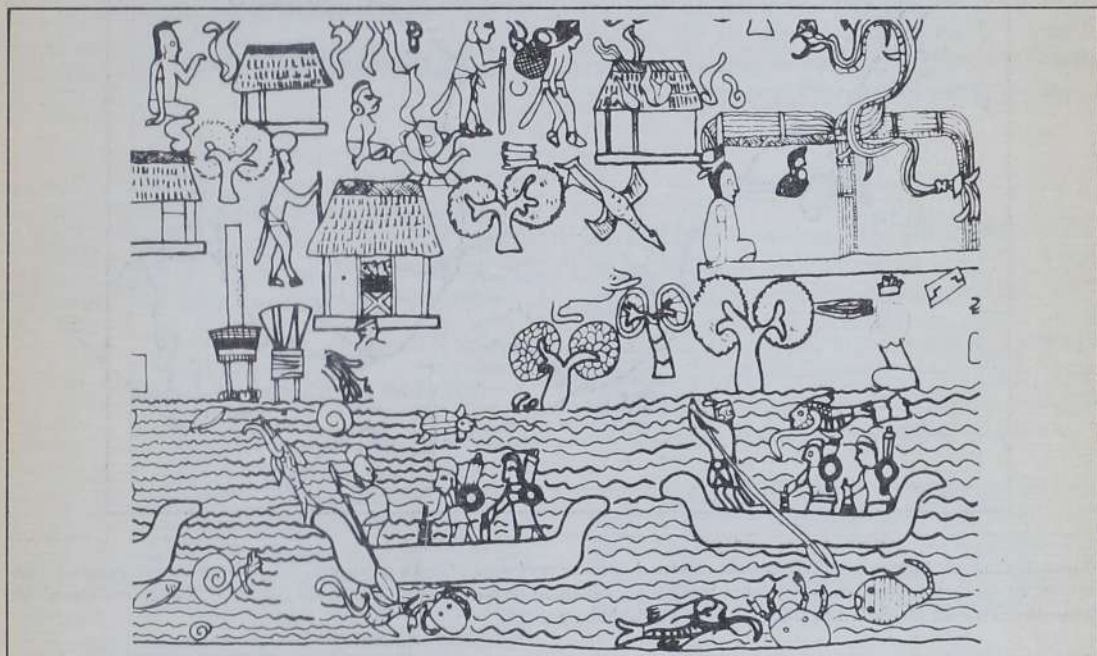
Sociedad Matemática Mexicana
Srita. Ma. Eugenia Rodríguez Campa
Tels.: 622 45 20 al 30 y 548 20 07
Fax: 548 9499
México, D.F.

**SOCIEDAD
MATEMATICA
MEXICANA**



Investigación y docencia en biología marina

Se analiza el desempeño de los programas de posgrado nacionales en el área de la biología marina, en particular el del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav.



Grabado maya.

Dalila Aldana Aranda

Marco ambiental

La extensión del litoral de México es de 10 760 km y la zona económica exclusiva abarca un área total de 2 892 000 km². México cuenta, además, con 3 millones de hectáreas de estuarios, lagunas costeras, ríos y lagunas interiores (Figura 1).

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

De acuerdo a la Secretaría de Pesca (SEPESCA, 1987), en los mares de México se han identificado más de 200 especies acuícolas de interés comercial. El objeto de la investigación marina es estudiar las variaciones en los ciclos biológicos de recursos vivos, inducidas por cambios ambientales, así como sus características ecológicas, su abundancia y distribución. Algunos recursos marinos dejaron de ser pesquerías rentables antes de haberse determinado su ciclo biológico. Se tienen los ejemplos del ostión del pacífico, la totoaba, el caracol blanco y rosa del caribe, el caracol púrpura, la madre perla, la almeja pismo, etc. Se presentan además dos dificultades importantes en los estu-

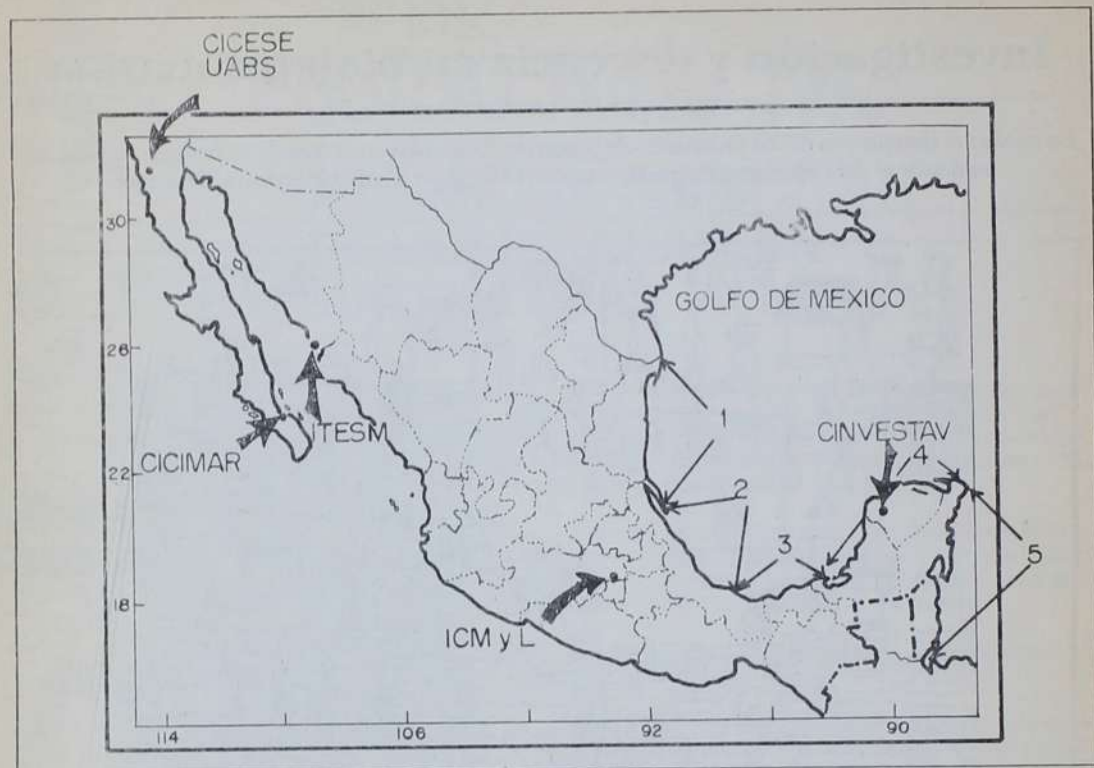


Figura 1. Golfo de México, región mexicana con sus 4 cuencas oceánicas y Caribe mexicano. Situación de los seis posgrados nacionales en ciencias marinas en la República Mexicana y extensión de sus litorales. Cuenca del Bravo (1), Mexicana Oriental (2), Bahía de Campeche (3), Banco de Campeche (4), Caribe Mexicano (5).

dios halióticos. En primer término, la necesidad de realizar ciertas etapas de la investigación en períodos y tiempos bien determinados. En segundo lugar, la necesidad de proporcionar información oportuna a problemas específicos sobre pesquerías, medio ambiente, conservación y acuicultura.

La investigación en el área de las ciencias marinas es reciente en nuestro país. Los posgrados nacionales tienen menos de 15 años de antigüedad y la planta académica, de acuerdo al análisis efectuado por CONACYT¹ en 1989, es aún incipiente y deficitaria. En 1988, México contaba con 9 programas de posgrados en el área de biología marina, 60 doctores en ciencias y 80 estudiantes graduados entre 1985-1988, la mayoría de ellos maestros en ciencias. Al finalizar el primer trienio (1985-1987) del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), existían sólo 15 biólogos marinos y

7 biólogos pesqueros pertenecientes a este organismo.²

Marco geográfico del Golfo de México y el Caribe

El Golfo de México es una cuenca oceánica, aislada del Caribe por un zócalo cuya profundidad mínima se localiza en el estrecho de Yucatán. Tiene una superficie estimada de 1 768 000 m². La región mexicana tiene cuatro cuencas: cuenca del Bravo, Mexicana Oriental, Bahía de Campeche y Banco de Campeche (Figura 1).

En particular, el Banco de Campeche se extiende del Río San Pedro a Cabo Catoche. Se caracteriza por la presencia de una amplia plataforma kárstica, con una influencia continental

mínima debido a la casi ausencia de ríos. Es una zona pesquera importante al igual que la Bahía de Campeche. (Figura 1).

Por otra parte, el Caribe mexicano se caracteriza por tener una plataforma continental prácticamente inexistente, limitada por la barrera coralina que corre paralela a la costa y a partir de la cual se encuentran profundidades de 1000 m. En él existen islas y bancos importantes, entre ellos Isla Mujeres, Cozumel, Banco Chinchorro y Arrowsmith.

La corriente perpendicular que baña a la costa forma dos zonas de alta productividad: la primera localizada de Cabo Catoche a Isla Mujeres y la segunda de Banco Chinchorro a Bahía de Espíritu Santo³ (Figura 1). Estas áreas son ricas por sus pesquerías de langosta y caracol principalmente.

Recursos marinos en México

México se ubica entre los 20 principales países productores pesqueros, con 1.2 millones de toneladas de producción anual, habiendo incrementado su volumen 15 veces en 40 años. En 1940 se pescaban sólo 71 491 toneladas, con una tasa de consumo per cápita de 3.6 kg por año, misma que aumentó a 16 kg en 1980. La pesca representa una sólida posibilidad de alimentación, genera directa e indirectamente empleos y además permite la comercialización en el mercado internacional,

con la consecuente obtención de divisas tan necesarias para el desarrollo del país.

En 1988 esta actividad generó 303 000 empleos, 56% de ellos se dedicaron a la captura y 44% a actividades anexas: industria, servicios portuarios, comercio y acuicultura.

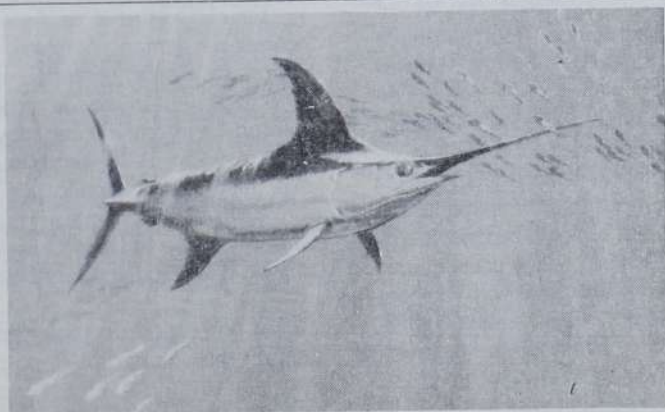
México es el 5o. productor mundial de ostión, el 16o. en langosta y ocupaba el 2o. lugar en captura de camarón hasta 1987, cuando el sudeste asiático inundó el mercado de este producto.

Pesca en Yucatán

En Yucatán la pesca se inicia de manera comercial en la década de los años 60. Se cuenta con un litoral de 373 km, una zona económica exclusiva de 133 344 km² y una superficie de 37 321 km² de plataforma continental. Sus diversos ecosistemas albergan especies de escama de alto valor comercial como el mero, así como el tiburón, moluscos, caracol, pulpo y crustáceos como la langosta.

La actividad pesquera que se practica en el Estado de Yucatán dirige sus esfuerzos a especies-objetivo de alto valor comercial. La captura en 1988 fue de 33 796 toneladas, donde el mero representó el 49% de la captura con 11 887 toneladas.

Por otra parte, el esfuerzo de pesca al que es sometido un recurso natural, el desconocimiento



Cuadro 1. Posgrados nacionales en ciencias marinas. E: Especialidad; M: Maestría y D: Doctorado.

Institución	Programa	Inicio	Grado
ICMyL-UNAM	C. Marinas	1970	E M D
ITESM	C. Marinas	1970	M
CICESE	C. Marinas	1978	E M D
CICIMAR	C. Marinas	1978	E M
UABC	Oceanografía	1980	M
CINVESTAV	C. Marinas	1982	M D

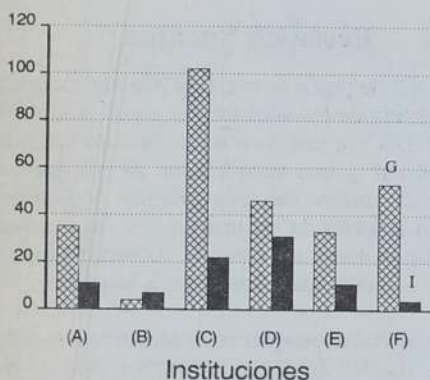


Figura 2. Eficiencia terminal para los seis posgrados nacionales en biología marina y limnología¹: (A) CICIMAR, (B) ITESM, (C) CCH-ICMyL, (D) CICESE, (E) CINVESTAV, (F) UABC. G: estudiantes graduados, I: estudiantes inscritos en 1985-1987.

de su ciclo biológico y el deterioro ecológico se traducen en problemas de sobrepesca, con las implicaciones sociales y económicas que representa la pérdida de una pesquería rentable. Así, la pesquería de caracol rosa y blanco en el Estado de Yucatán dejó de generar hace 10 años un ingreso anual de \$6 000 millones de pesos debido a la vigencia de una veda total. Ante esta situación es necesario contar con equipos interdisciplinarios de investigación en materia de biología marina, biología pesquera, ecología, ecofisiología y acuicultura, a fin de lograr un uso y aprovechamiento racional de la biodiversidad marina. Estos temas fueron abordados en la reunión *Por una pesca responsable*, que se celebró en mayo pasado en Cancún, y estuvo organizada por la ONU y la FAO.

La Biología Marina en México

Universo de trabajo

En el Cuadro 1 se presentan los programas nacionales de posgrado en biología marina, el año de su inicio y las instituciones que los ofrecen. Existen seis programas de maestría y tres de doctorado en ciencias marinas en México. La primera institución en ofrecer un posgrado en ciencias marinas fue la UNAM, a través del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL, 1970). La Unidad Mérida del CINVESTAV tiene el posgrado de creación más reciente (1982).

A continuación, en una serie de tablas se analiza la planta docente de cada posgrado y su productividad expresada en el número de artículos de investigación publicados. El posgrado en biología marina ha experimentado un acelerado crecimiento desde su creación hace 20 años. Su planta académica incrementó en un 62% el número de doctores, y tiene una tasa de graduación de 0.16 graduados por doctor por año.

En la figura 2 se efectúa una comparación entre el número de estudiantes graduados en relación al número de inscritos, para las seis instituciones de posgrado en ciencias marinas. La mayor eficiencia terminal está en el CICESE con un 66%, seguida del CICIMAR y CINVESTAV con 28%. La menor eficiencia se tiene en la Universidad de Baja California con 5%.

En el Cuadro 2 se presenta el número de doctores de tiempo completo, porcentaje de académicos de tiempo completo, número de profesores activos y número de artículos por año por profesor. La institución con mayor número de doctores es el ICMyL (28) seguido del CICESE (10). El tercer lugar está ocupado por ITESM y el CINVESTAV con 6 doctores, que representan un 28% de sus académicos. El último lugar es ocupado por el CICIMAR, que sólo tiene un doctor (4.5%).

El porcentaje de profesores de tiempo completo en relación al de tiempo parcial es de 100% en el CICIMAR, ITESM, CICESE y CINVESTAV, de 86% en el ICMyL y de sólo 50% en el UABC. En el rubro

Cuadro 2. Producción científica y planta docente en las instituciones con posgrado en biología marina.

Planta docente	CICIMAR	ITESM	CCH-ICMyL	CICESE	CINVESTAV	UABC
Número de doctores Tiempo Completo	1	6	28	10	6	3
Porcentaje de profesores de tiempo completo	100	100	86	100	100	50
Número de profesores e investigadores activos	22	10	34	14	10	12
Número de artículos 1985-1987	19	15	66	27	16	6
Artículos/Año/Profesor	0.29	0.50	0.97	0.64	0.41	0.16

de publicaciones por profesor por año, el ICMYL ocupa el primer lugar con 0.97 artículos/ año, mientras el CINVESTAV ocupa el 4o. lugar.

En México existen 11 universidades que ofrecen la licenciatura en biología, teniéndose una producción anual de graduados en todas las áreas de biología (maestría y doctorado) de 100 y en biología marina de 27 (la mayoría maestros en ciencias). Si se considera una tasa promedio de 27 graduados anuales, multiplicado por 15 años como edad media de los programas de posgrados, se obtiene una estimación de 405 biólogos marinos con maestría y/o doctorado que trabajan en un país con 10 000 km de litoral, como lo es México. Este número representa apenas un biólogo marino con posgrado por cada millar de habitantes o bien una densidad de un biólogo marino por cada 25 km de litoral. Visto así, el número de biólogos marinos en México es insuficiente y no satisface ni siquiera la demanda del sector educativo, siendo efímera su vinculación con el sector productivo. Otro aspecto que es interesante resaltar es que de estos programas cuatro están situados en el litoral del Pacífico (UABC, CICESE, CICIMAR, ITESM), sólo uno en la ciudad de México (ICMYL) y el CINVESTAV es la única institución en su género localizada en la zona del Golfo de México y el Caribe. Esta situación le da al Cinvestav no sólo importancia regional en la península de Yucatán, sino también nacional.

Los biólogos marinos en el SNI

Al finalizar el primer trienio de vigencia del Sistema Nacional de Investigadores³ (SNI, 1985-1987) se registraron 236 biólogos que pertenecían a este organismo: 61% como investigadores nacionales y 39% como candidatos a investigador, los cuales se encontraban laborando en 55 disciplinas. Sin embargo, 18 de estas disciplinas representaron el 81% del campo de acción de los biólogos. Dentro de este universo los biólogos marinos ocupan sólo el 5.2% y los biólogos pesqueros un 2.4%. Todas las áreas de fisiología animal estuvieron representadas en un 5.2% e inmunología en un 2.1%. Debe resaltarse que en estas dos últimas especialidades el único instituto que realiza investigación es el ICMYL. Por otra parte, el Departamento de Fisiología del Cinvestav apoyó el establecimiento de un laboratorio de fisiología de especies marinas en el CICESE, en Ensenada, B.C., que se mantuvo operando de 1984 a 1988. En definitiva, esta es una área capital que debe ser impulsada y podría repetirse esta experiencia entre los departamentos de Fisiología y de Recursos del Mar, ambos del CINVESTAV.⁴

El 64% de los biólogos (en todas las áreas) pertenecientes al SNI radican en la Ciudad de México, 4% en Baja California y 1.7% en Yucatán. De estos últimos, ninguno es investigador nacional de Nivel II o III. El número promedio de publicaciones hechas por los biólogos candidatos a inves-

Cuadro 3. Evolución de la planta de profesores por grado académico del Departamento Recursos del Mar del Cinvestav (1981-1991).

Año	Licenciatura		Maestría		Doctorado		Total
	No.	%	No.	%	No.	%	
1981	2	22	4	44	3	33	9
1982	2	22	4	44	3	33	9
1983	1	7	11	73	3	20	15
1984	1	7	11	73	3	20	15
1985	1	4	20	87	2	9	23
1986	1	5	14	64	7	32	22
1987	1	4	20	71	7	25	28
1988	0	0	21	81	5	19	26
1989	0	0	21	81	5	19	26
1990	0	0	21	81	5	19	26
1991	0	0	14	66	7	33	21

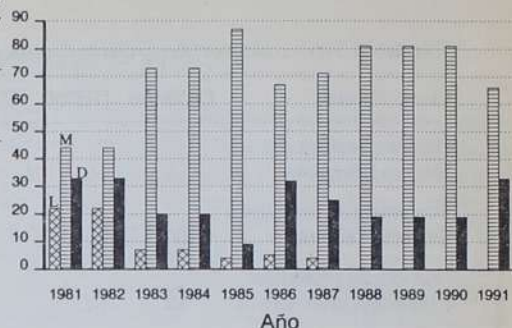


Figura 3. Porcentaje del personal por grado académico. Departamento de Recursos del Mar, U. Mérida. Licenciatura (L), maestría (M) y doctorado (D).

tigador es de 4.5, investigador Nivel I 13.2, Nivel II 34.2 y Nivel III 73.8.

Evolución del Departamento de Recursos del Mar del Cinvestav (1981-1991)

Profesores por grado académico

En el cuadro 3 y en la figura 3 se ilustran, para el período 1981-1991, la evolución en número y porcentaje del personal con licenciatura, maestría y doctorado adscrito al Departamento de Recursos del Mar del Cinvestav. Este departamento inició sus actividades con 2 profesores con licenciatura, 4 con maestría y 3 con doctorado. En 1985 el departamento tenía entre sus académicos una proporción de 4%, 87% y 9%, con licenciatura, maestría y doctorado, respectivamente. En 1991 esta proporción es de 67% con maestría y 33% con doctorado.⁵

Planta académica por categoría

En el cuadro 4 y en la figura 4 se observa la evolución del número y

porcentaje por categoría de profesores en el Departamento Recursos del Mar de 1981 a 1991. Este departamento inicia en 1981 sus actividades con una proporción equitativa (33%) de profesores auxiliares, adjuntos y titulares. En 1985 se tenía un 39% de profesores auxiliares, 52% de adjuntos y 9% de titulares, en 1991 se observa un incremento marcado de profesores auxiliares (57%). El porcentaje de profesores adjuntos en 1991 es el mismo con el que se inició el departamento (33%). En cambio el porcentaje de profesores titulares ha venido decreciendo desde 1984 (20%) y presenta su valor mínimo en 1985 (9%), así como en 1991 (10%).

Cuadro 4. Evolución del personal académico (profesores) del Departamento Recursos del Mar, por categoría académica, del Cinvestav, Unidad Mérida (1981-1991).

Año	Auxiliares		Asociados y/o adjuntos		Titulares		Totales
	No.	%	No.	%	No.	%	
1981	3	33	3	33	3	33	9
1982	3	33	3	33	3	33	9
1983	4	26	8	53	3	20	15
1984	4	26	8	53	3	20	15
1985	9	39	12	52	2	9	23
1986	11	50	8	36	3	14	22
1987	17	60	8	28	3	12	28
1988	13	50	10	38	3	12	26
1989	13	50	10	38	3	12	26
1990	12	46	11	42	3	12	26
1991	12	57	7	33	2	10	21

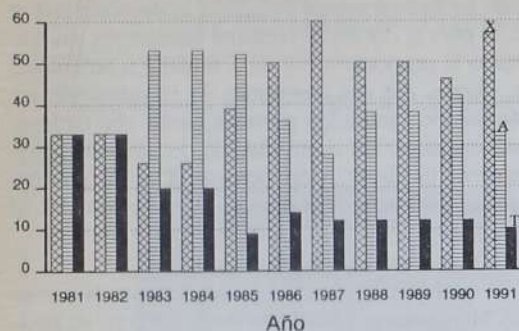


Figura 4. Porcentaje de profesores por categoría académica. Departamento de Recursos del Mar, U. Mérida. Profesores auxiliares (X), adjuntos (A) y titulares (T). Profesores auxiliares (X), adjuntos (A) y titulares (T).

Publicaciones

La producción científica medida en términos de artículos publicados en revistas nacionales y extranjeras, y de su participación en congresos por parte del Departamento Recursos del Mar es de 0.42 artículos por año por profesor y 0.43 para congresos (cuadro 5). Con esta producción, ocupa el cuarto lugar con respecto a los otros programas de posgrado nacionales del área de biología marina. El ICMyL ocupa el primer lugar en artículos publicados (0.97 artículos/año/profesor).

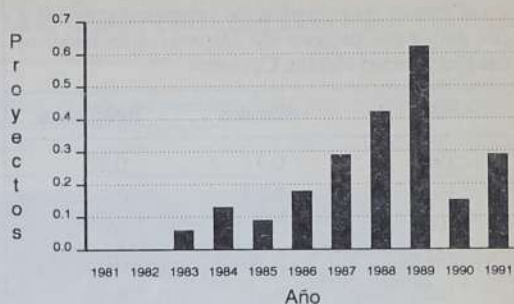


Figura 5. Evolución del número de proyectos anuales por profesor. Departamento de Recursos del Mar, U. Mérida.

La participación en congresos, comparada con la producción nacional de los biólogos candidatos y niveles I, II y III del SNI, es 50% inferior en relación a la de candidatos y Nivel I, así como 77% y 114% por debajo de la producción de los niveles II y III del SNI, respectivamente².

En la figura 5 se puede observar la evolución del número de proyectos de investigación por profesor; en 1983 fue de 0.06, incrementándose hasta 0.62 en 1989 en que se obtuvo el valor máximo. A pesar de que el número de proyectos por profesor se incrementó 10 veces de 1981 a 1989, la producción científica en publicaciones disminuyó 47% de 1981 a 1989 (pasando de 0.78 a 0.42) y



Cuadro 5. Número promedio de artículos originales y resúmenes en memorias de congresos publicados por año y por profesor del Departamento Recursos del Mar, Unidad Mérida, Cinvestav.

Año	Artículos	Resúmenes
1981	0.77	0.22
1982	0.77	1.0
1983	0.47	0.6
1984	0.40	0.23
1985	0.13	0.13
1986	0.41	0.77
1987	0.39	0.89
1988	0.54	0.31
1989	0.42	0.27
1990	0.58	—
Media	0.48	0.49

la participación a congresos para el mismo período decreció en 60%, pasando de 0.67 a 0.27 congreso/año/profesor.

Conclusiones

En la figura 6 se observa que para 1981 se tenía una proporción de profesores de 1 titular/1 adjunto/1 auxiliar, con lo que se obtuvo una producción de 0.78 artículos y 0.67 participaciones a congre-

sos por profesor. En cambio, en 1990 la producción de artículos bajó a 0.58 y la de congresos a 0.30 para el doble del personal académico; sin embargo la proporción fue de 1 titular/3.5 adjuntos/6 auxiliares. Así, los programas de investigación están siendo realizados principalmente por profesores auxiliares. En cierta medida, lo anterior puede explicar la disminución observada en la producción científica para la primera década de vida del Departamento.

Es necesario que el Departamento Recursos del Mar fortalezca su planta de profesores, su equipo e infraestructura física. Es prioritario aumentar el número de profesores titulares, pues entre 1981 y 1985 decreció de 33% a 10%, para mantenerse en esa proporción durante el lustro 1985-1990. Asimismo, resulta conveniente incrementar el porcentaje de miembros en el SNI, que hoy en día es de 42%, una mitad como candidatos y la otra como Nivel I.

Los mecanismos necesarios para lograr esta consolidación están siendo analizados a fin de estructurar el plan de desarrollo del Departamento para el período trienal 1991-1994. Este esfuerzo es necesario en la medida que Recursos del Mar del Cinvestav es un departamento de investigación científica importante no sólo en Yucatán, sino incluso dentro del seno del Golfo de México y el Caribe, ya que es la única institución que ofrece un programa de posgrado en ciencias marinas en esta amplísima región, de alta diversidad biológica e innumerables ecosistemas.

Notas

1. Ciencia y Desarrollo, número especial, septiembre, 1989.
2. G. Garza y S. Malo, *Ciencia y Desarrollo*, Núm. 83, (nov.-dic. 1988) 141.
3. E. López-Ochoterena y G. Casas-Andreu, *Ciencia y Desarrollo* Núm. 96 (enero-febrero 1991) 101.
4. F. Ramón y H. Aréchiga, *Avance y Perspectiva* 9 (1990) 147.
5. Los datos sobre publicaciones y número de profesores mostrados en este artículo fueron tomados del anuario del CINVESTAV y del archivo de Servicios Escolares de la Unidad Mérida.

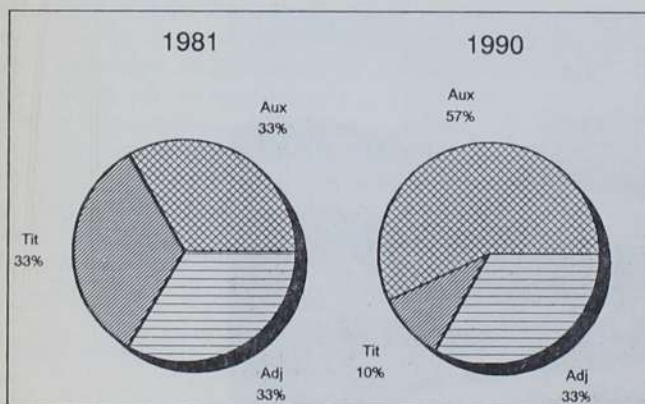


Figura 6. Estructura de la planta de profesores del Departamento Recursos del Mar, Cinvestav 1981-1991.

Distinguibilidad de los neutrinos

Los neutrinos son las partículas más ligeras y elusivas, ¿cómo se pueden distinguir unas de otras?



Julián Félix Valdez

Los leptones

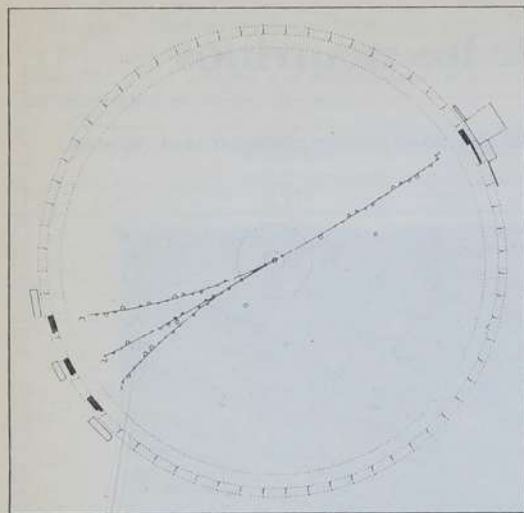
¿De qué están hechas las cosas? ¿Existen bloques básicos con los cuales están hechos los objetos? Estas preguntas distan mucho de ser nuevas, cada generación las reformula y agrega elementos nuevos para su eventual respuesta. Nunca como ahora se ha estado más cerca de poder responder estas preguntas. En la actualidad se cree que los bloques básicos que forman la materia son los

quarks y los leptones —esta última palabra de origen griego que significa liviano—. Quark es una palabra alemana introducida por Murray Gell-Mann para nombrar genéricamente a las partículas que constituyen a los protones y neutrones. En el presente artículo no los consideramos.

Son doce leptones en total, seis tienen carga eléctrica. El resto está formado por leptones neutros, los neutrinos. (Tabla 1).

Uno de los problemas básicos que se presenta al clasificar las partículas es distinguir un género de partículas con respecto a otro. Los leptones con carga eléctrica son distinguibles entre sí por su masa y

El M. en C. Julián Félix Valdez es físico egresado de la ESFM-IPN y obtuvo su maestría en ciencias (Física) en el Cinvestav. Realiza sus estudios de doctorado en el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, apartado postal E-143, 37000 León, Gto.



su tiempo de vida media. Entre dos leptones cargados podemos decir cuál es cuál por el simple procedimiento de medir su masa o su tiempo de vida.

¿Cómo distinguimos los neutrinos entre sí? De la Tabla 1 se observa que todos los neutrinos comparten las mismas características físicas y todos ellos tienen poca masa, si es que la tienen. Luego, ateniéndose a esto, los neutrinos serían indistinguibles.

Lo anterior significa que nuestro conocimiento sobre los leptones —sobre los neutrinos en particular— no es completo. ¿Son distinguibles los

neutrinos entre sí? ¿Qué característica extra hay que asociarles para que se muestren distintos? Tan sólo basándose en argumentos de simetría, podemos decir que deben existir tres neutrinos además de sus correspondientes antineutrinos, y que deben ser perfectamente discernibles entre sí. Aquí esbozaremos el procedimiento experimental seguido para detectar y distinguir cada una de las tres especies de neutrinos.

El neutrino asociado al electrón (ν_e)

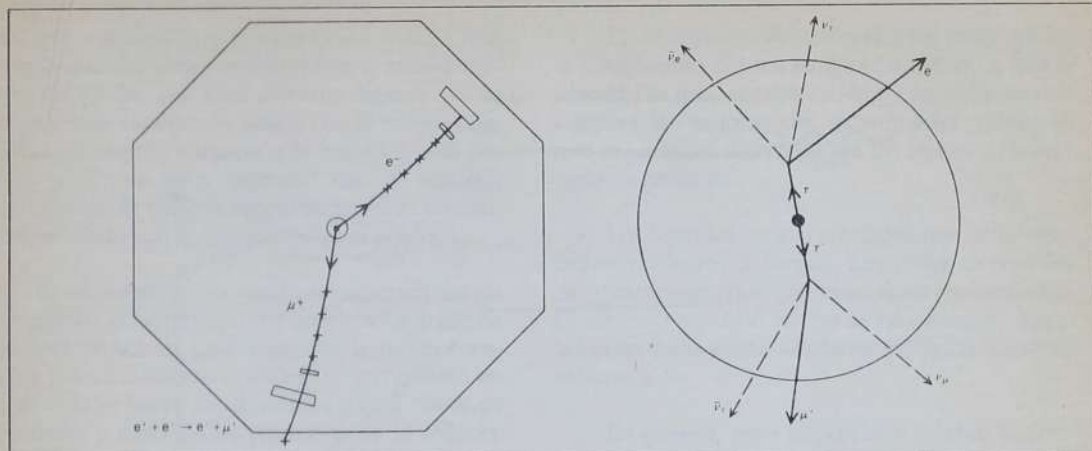
El neutrino asociado al electrón ν_e —o más bien su antipartícula, el neutrino asociado al positrón— fue descubierto en el estudio de la radiación beta —electrones— emitida por núcleos pesados de tritio, por ejemplo.

El neutrón puede existir indefinidamente como partícula estable dentro de los núcleos atómicos. Sin embargo, en estado libre decae con un tiempo de vida media de alrededor de 15 minutos.

Cuando el neutrón se desintegra —ya se sabía en los años 30— en un protón y un electrón, el electrón sale disparado con una energía máxima de $2.5m$, donde m es la masa del electrón en reposo. La energía intrínseca, en reposo, del electrón es m . La energía del electrón saliente cubre todo

Tabla 1. Leptones conocidos y sus características físicas.

Leptón	Símbolo	Carga eléctrica (1.6×10^{-19} coulombs)	Masa (MeV)	Espín ($\hbar$)	Tiempo de vida (segundos)
electrón	e^-	-1	0.51	1/2	Estable
positrón	e^+	+1	0.51	1/2	Estable
muón -	μ^-	-1	106	1/2	2.2×10^{-6}
muón +	μ^+	+1	106	1/2	2.2×10^{-6}
tau -	τ^-	-1	1784	1/2	0.3×10^{-12}
tau +	τ^+	+1	1784	1/2	0.3×10^{-12}
neutrino del e^-	ν_e	0	$<17 \times 10^{-6}$	1/2	Estable
neutrino del e^+	ν_{e+}	0	$<17 \times 10^{-6}$	1/2	Estable
neutrino del μ^-	$\nu_{\mu-}$	0	<0.27	1/2	Estable
neutrino del μ^+	$\nu_{\mu+}$	0	<0.27	1/2	Estable
neutrino del τ^-	$\nu_{\tau-}$	0	<35	1/2	Estable
neutrino del τ^+	$\nu_{\tau+}$	0	<35	1/2	Estable



un espectro: desde m —electrón en reposo—, hasta $2.5m$ —energía máxima—. Este resultado experimental fue nuevo en aquel entonces. Las partículas alfa (núcleos de helio) y la radiación gamma (fotones) detectadas en los decaimientos radiactivos de los átomos pesados siempre tenían una energía bien definida; eran *monocromáticas* de acuerdo con las leyes de la mecánica cuántica. Además, según las leyes de la conservación de la energía y el momento, el decaimiento del neutrón en dos partículas, el protón y electrón, debería inducir un solo valor de la energía de los productos y no el espectro continuo observado.

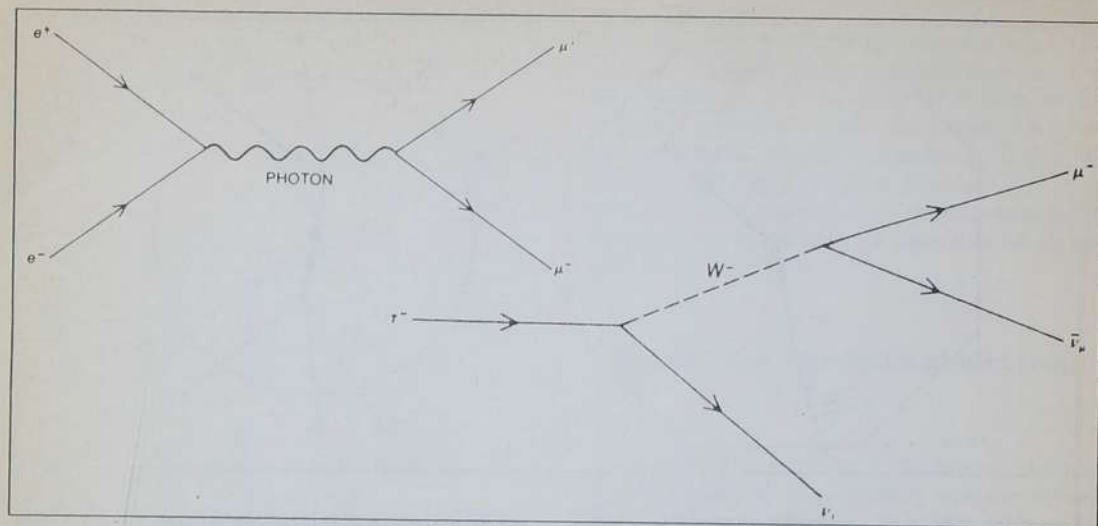
Por mucho tiempo permaneció como un misterio la continuidad del espectro de emisión de la partícula beta. Se llegó a suponer, incluso, que el principio de conservación de la energía no se cumplía a niveles atómicos. El austriaco Wolfgang Pauli explicó la situación: supuso la existencia de una partícula portadora de la energía faltante en la desintegración beta; en la terminología moderna a esta partícula se llama antineutrino o neutrino asociado al positrón. El nombre se debe a Enrico Fermi: neutrino significa neutrón pequeño en italiano.

En las reacciones donde intervienen neutrinos, las cosas se pueden simplificar un poco si enunciamos un nuevo principio: el principio de conservación del número leptónico. "En toda reacción donde intervienen leptones, el número de éstos permanece constante". Dentro de este nuevo principio a los leptones e^- , μ^- y τ^- , y a sus correspondientes neutri-

nos se les asocia el número leptónico $+1$; a las antipartículas correspondientes el número leptónico -1 . En el decaimiento de un neutrón en un protón, un electrón más algo, ese algo debe ser un antineutrino para conservar el número leptónico, así como la energía y el momento angular del sistema inicial. Antes de la reacción había número leptónico cero, después de la reacción se mantuvo el número leptónico total cero.

En los estudios realizados en la década de los treinta se concluyó que la masa del neutrino debería ser inferior a 20 KeV. Sesenta años después no ha habido ningún avance significativo en medir la masa del neutrino con mayor precisión. (Vease tabla 1.) Se cree que la masa del neutrino es cero. Esto significaría que se desplaza a la velocidad de la luz. Que la masa del neutrino sea cero o distinta de cero es fundamental para la imagen teórica que del Universo podemos forjarnos.

Los neutrinos interactúan débilmente con la materia. Son capaces de atravesar la Tierra sin chocar con ella, o bien pasar a través de una estrella mucho más masiva que el Sol. Este último ejemplo parecería un hecho espectacular para el lector que ignora la densidad promedio de una estrella típica como es el Sol. La mayoría de las estrellas son globos gaseosos con núcleos relativamente pequeños formados de materiales pesados. Así que si los neutrinos pueden atravesar la Tierra, también pueden atravesar las estrellas sin que esto último constituya una hazaña.



El neutrino asociado al positrón fue detectado en 1957 por Reines y Cowan usando un reactor nuclear como fuente de neutrinos. Teóricamente, a diez metros de distancia de un reactor nuclear, se tiene un flujo de cien billones (10^{13}) de neutrinos por segundo por centímetro cuadrado. El flujo de neutrinos cósmicos que llega a la Tierra (provenientes del Sol, se cree) es de cien mil millones (10^{10}) de neutrinos por segundo por centímetro cuadrado. Reines y Cowan usaron como detector un metro cúbico de agua común. Un antineutrino proveniente de un reactor nuclear al chocar con un protón del agua produce un neutrón y un positrón (a esta reacción se le llama decaimiento beta inverso). Como la sección transversal efectiva de un neutrino es de 10^{-45} cm^2 , en una hora se tienen, en el metro cúbico de agua, alrededor de 110 positrones generados mediante la reacción anterior. Los protones sólo absorben antineutrinos. Para detectar a los neutrinos asociados al electrón se usó tetracloruro de carbono en grandes cantidades.

El neutrino asociado al muón

(ν_μ)

En los años cuarenta la historia del decaimiento beta de los núcleos se repitió a un nivel de energía doscientas veces más alto. En 1935 Hideki Yukawa había predicho la existencia del mesón π^- — existen en

realidad tres variedades: π^- , π^0 , π^+ —. No fue sino hasta 1947 que C.M.G. Lattes, H. Muirhead, G.P.S. Occhiani y C.F. Powell fueron capaces de detectar estos mesones. Su técnica consistió en exponer emulsiones fotográficas a los rayos cósmicos —lo hicieron a grandes alturas sobre el nivel del mar a fin de minimizar los efectos de absorción de la atmósfera— y detectar las trazas dejadas por el mesón π^- y el muón μ^- . El mesón π^- decae en 2.6×10^{-8} segundos en un muón y algo más. Para asegurar la conservación del momento angular y de la energía, ese algo debe ser un antineutrino. A este neutrino se le llamó el neutrino asociado al muón.

Durante muchos años se mantuvo la pregunta inmediata: ¿Existen leptones más pesados que el muón μ^- ?

El neutrino asociado al leptón tau

(ν_τ)

Martin L. Perl y William T. Kirk del Laboratorio SLAC (Stanford Linear Accelerator Center, EUA) tomaron muy en serio la pregunta anterior y se dieron a la tarea de buscar leptones más pesados que el muón μ^- . ¿Como buscar una partícula de la que no se sabe nada? Puesto que no había seguridad de que existiera en realidad, si querían tener éxito deberían ser capaces de crearla. Luego necesita-

ban una máquina que proporcionara mucha más energía que la energía asociada con la masa en reposo del muón μ^- . Esta partícula debería —de acuerdo a la experiencia tenida con el muón— decaer en un leptón cargado más liviano que el primero y un neutrino asociado con el segundo leptón; además debería esperarse también un neutrino asociado con el leptón masivo buscado.

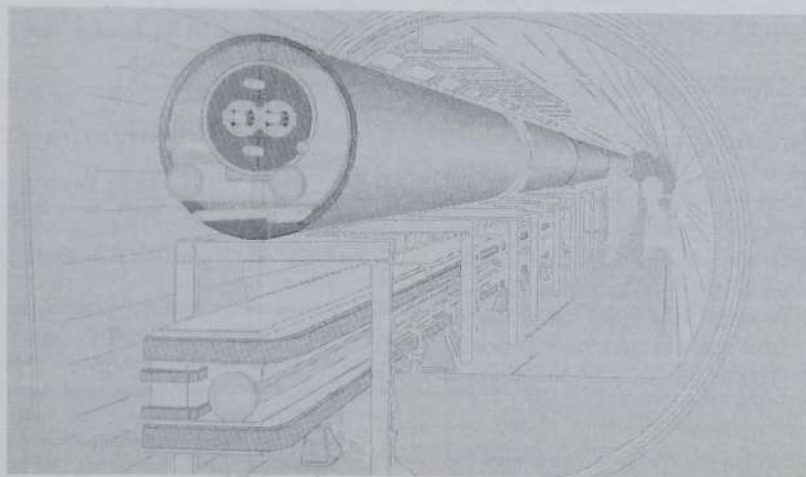
El experimento se realizó a principios de los años 70 en el laboratorio del acelerador lineal de Stanford (SLAC) en California, con la recién construida máquina SPEAR. El experimento consistió en hacer chocar haces de electrones contra haces de positrones y detectar los productos de la colisión. En 1974 tuvieron éxito y lograron detectar las primeras señales asociadas con una partícula que decaía en leptones cargados. A esta partícula se le llamó tau (τ), por la primera letra de la palabra griega que significa tercero.

El estado final de la desintegración de la partícula se observa sin ambigüedades y se logra una señal bastante clara: el registro de un muón o un electrón —o sus antipartículas—. Este parece en primera instancia violar la regla de conservación del número leptónico; no se viola si se acepta que salen también neutrinos que no son detectados; con ello se completa el balance de la energía y de la cantidad de movimiento angular del sistema.

La energía transportada por los neutrinos en el decaimiento del tau es enorme debido a que la reacción es muy energética. Aun con todas las dificultades los autores del experimento mostraron que la partícula detectada era un leptón y no otra clase de partícula.

Los leptones no son afectados por las interacciones nucleares o fuertes. Los datos disponibles del τ son consistentes con este hecho experimental. El neutrino asociado al τ no se ha detectado directamente, pero existe suficiente evidencia sobre su existencia.

En general, resta responder a muchas interrogantes sobre los leptones, principalmente cuestiones de orden teórico, y que van más allá de las teorías hasta el presente construidas. ¿Qué determina las masas de los leptones? ¿Qué papel desempeñan los leptones inestables y sus correspondientes neutrinos en la constitución del Universo, si aparentemente bastan el electrón y su neutrino asociado para sostener la materia del mundo cotidiano? ¿Está cerrada la lista de leptones? Según el modelo estándar de las interacciones electrodébiles, el número de leptones masivos es tres (más sus correspondientes antileptones). Encontrar un leptón más pesado que él sería encontrar un hecho experimental que la teoría sobre interacciones electrodébiles no explicaría. ¿Por qué son distintos



los neutrinos asociados a cada uno de los leptones cargados y qué los hace distinguibles entre sí?

Los seis neutrinos

Se ha observado experimentalmente que siempre que se crea un solo electrón o un solo muón en una reacción es acompañado por un neutrino. Es posible que ocurran reacciones mediadas por la interacción débil sin necesidad de usar la hipótesis de los neutrinos, y en las que estuvieran presente electrones y mesones, y que además preserven las leyes de conservación. No obstante, este tipo de reacciones no se ha observado todavía. Cuando reacciones que podían ocurrir no se observan, uno puede lícitamente suponer que una ley básica de prohibición está en juego. (Este procedimiento es análogo al seguido para obtener la segunda ley de la termodinámica.) Por ejemplo, el μ^- decae en un ν_μ antineutrino $\bar{\nu}_e$ y un electrón e^- . Pero también podría decaer (no se conoce nada que lo impida) en un fotón más un electrón. Esta última reacción se observaría si el neutrino y el antineutrino pudieran aniquilarse para formar el fotón. ¿Por qué no se aniquilan? Una razón sería porque son de distinta especie (lo que puede ser una forma de cubrir nuestra ignorancia). Un electrón y un protón no se aniquilan en un par de fotones porque son de distinta especie. Esto sugiere que debe haber algo que distinga los neutrinos entre sí. Uno de los neutrinos presentes en la reacción pertenece al tipo de neutrino asociado al muón ν_μ desaparecido, el otro pertenece al tipo de neutrino asociado al positrón $\bar{\nu}_e$.

Una forma de probar la distinguibilidad entre el neutrino asociado al positrón $\bar{\nu}_e$ y el neutrino asociado al muón ν_μ , es tomar piones negativos — que se producen en choques de protones contra protones—. El pión negativo decae en un muón μ^- , más un neutrino $\bar{\nu}_\mu$ (9998 de cada 10000 decaimientos del pión son por esta vía). También decae en un electrón e^- y un neutrino asociado al positrón $\bar{\nu}_e$ (12 de cada 10000000 decaimientos del pión son por esta vía). El decaimiento ocurre preferentemente en un muón μ^- y un neutrino ν_μ , como se aprecia de los números anteriores.

Al hacer incidir los neutrinos provenientes del decaimiento del pión π^- sobre protones (decai-

miento beta inverso) o sobre neutrones se tienen dos posibles resultados si los neutrinos fuesen distintos: se tienen positrones o electrones si los neutrinos provenientes de la desintegración del pión son neutrinos asociados al electrón. Se tienen muones positivos o negativos si los neutrinos son asociados al muón. Si sólo hubiera un tipo de neutrino, se tendría como consecuencia igual número de muones y electrones.

El experimento fue realizado por G. Danby, J.-M. Gaillard, K. Goulianos, L.M. Lederman, N. Mistry, M. Schwartz, and J. Steinberger en 1962, usando el sincrotrón de Brookhaven en el estado de Nueva York. Se obtuvo que el número de muones fue mayor al número de electrones observados. Había un mayor número de neutrinos asociados al muón ν_μ que no pueden crear electrones e^- . Por estos experimentos Leon M. Lederman, J. Steinberger y M. Schwartz recibieron el premio Nobel en 1988.

A manera de conclusión, el neutrino asociado al muón ν_μ , es distinguible del neutrino asociado al electrón ν_e . No se ha verificado la distinguibilidad entre los neutrinos asociados a los dos leptones de masa más baja, ν_e y ν_μ , y el neutrino asociado al leptón τ , ν_τ . Tampoco se tienen razones para pensar que no se dé.

¿Qué propiedad intrínseca hace distinguibles a los neutrinos?

Agradecimientos. A la familia Bours-Muñoz y al ICE del Estado de Sonora.

Bibliografía

1. R.A. Carrigan y W.P. Trower, *Particles and forces at the heart of the matter* (Scientific American, Nueva York, 1986).
2. P. Davies, ed., *The New Physics* (Cambridge Univ. Press, Nueva York, 1989).
3. M.A. Pérez Angón, ¿Cómo se puede distinguir un fantasma de otro?, *Avance y Perspectiva*, Núm. 36, 24 (1988).
4. *Physics Today*, **42**, Núm. 1, 17 (enero 1989).
5. M. Schwartz, in *Adventures in experimental physics*, Vol. 2, 75 (1972).
6. Leon M. Lederman *Rev. Mod. Phys.* **61** (1989) 547. J. Steinberger *Rev. Mod. Phys.* **61** (1989) 533. Mel Schwartz *Rev. Mod. Phys.* **61** (1989) 527.

Ecología de la academia en México y Europa Occidental



Restaurant de la Universidad de Oxford, Inglaterra. Foto: Der Spiegel.

María de Ibarrola

El planteamiento de Neave y Rhoades

En un libro de publicación reciente, Neave y Rhoades¹ analizan el mundo de los académicos en Europa Occidental sobre la base de dos características específicas. La primera es la brecha tan grande que existe entre el personal académico de

diferente rango al grado de que titulares por un lado, y asistentes por otro, representan sus intereses de manera separada. Atribuyen esta brecha tan profunda a la estructura cátedra-facultad, inherentemente jerárquica, que predominó hasta la década de los años 60, y al crecimiento demográfico posterior a esa década que incrementó la carga docente del personal asistente y que "desbalanceó la ecología de la academia."

La Dra. María de Ibarrola es profesora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*. Obtuvo su doctorado (Investigaciones Educativas) en el Cinvestav. Su campo de investigación es la construcción social e institucional de la ciencia en México.

En una ecología académica estable los asistentes habían constituido una especie de *aprendices* que, con el debido tiempo y respaldo académico, alcanzarían el estatus de profesor; la socialización en la profesión académica se daba por medio de una



relación maestro-aprendiz. Al proliferar los rangos inferiores en el cuerpo académico este proceso se atenuó o francamente llegó a faltar. Las tensiones tradicionales entre las dos posiciones se incrementaron y, en un intento por asegurar la promoción o la base, ciertos sectores no profesoriales se apoyaron en los sindicatos o estrecharon sus lazos con partidos políticos buscando por medio de los procesos políticos un nuevo equilibrio de fuerzas en la jerarquía del mundo académico.

La segunda característica específica es que los académicos de Europa Occidental constituyen, más que una profesión, un *estamento* muy ligado con el Estado central, y su poder, privilegio y condiciones de empleo están protegidas por leyes constitucionales o administrativas. Tienen, además, una distintiva orientación nacional.

Las bases de la división

Neave y Rhoades analizan dos tipos ideales de organización académica estructural: la cátedra-facultad y el departamento-colegio. En la primera, la característica principal es la atribución de un peso abrumador a la autoridad personal y la independencia del catedrático en lo individual. Los catedráticos son la expresión local de la disciplina o el campo. Por su parte, las facultades son apenas una fuente de lazos horizontales, están dominadas desde la base por los catedráticos. Existen variantes en las pautas de trabajo de la estructura catedrática. En Francia, por ejemplo, el poder del catedrático radica en la influencia que ejerce sobre la carrera y fortuna de sus

estudiantes, y se deriva de privilegios, recursos y servicios que el estado confiere al catedrático. El poder de los *patrones* está en función de sus lazos con las instituciones académicas de élite, con los cuerpos de investigadores, con agencias cruciales que regulan el contexto externo de la educación superior y con la administración central. Estos recursos, asignados individualmente, son los ligamientos de una autoridad casi absoluta de los catedráticos sobre sus subordinados. El catedrático alemán

deriva su fuerza de fuentes diferentes: fundamentalmente por su posición de director de un instituto de investigación y, por lo mismo, el manejo de fondos substanciales y otras facilidades proporcionadas por el Estado.

Los estudiosos de esta estructura tienden a enfatizar su rigidez y su falta de adaptabilidad ante los cambios y la expansión del conocimiento, pero la rigidez se extiende a las relaciones entre los catedráticos y su personal académico subordinado. La institucionalización de la dependencia total de los segundos, junto con el poder sin límites de los primeros, tuvo el potencial de dividir profundamente a la academia en grupos en conflicto.

La estructura departamental, por su parte, tiene como su unidad básica de trabajo un grupo de colegas, y no un individuo. "El departamento distribuye responsabilidades y poderes entre grupos de profesores de rango semejante y más fácilmente propicia la participación de asociados y asistentes". Entre el departamento y la universidad generalmente se encuentra una estructura intermedia, de tipo burocrático, que refuerza al cuerpo colegiado al poner a la academia en competencia con la burocracia.

La nación y el estamento académico

En Estados Unidos y en Gran Bretaña —dicen Neave y Rhoades— la profesión académica se identifica fundamentalmente por su independencia del Estado. El control y la certificación de quienes

entran a esta carrera es manejado por la academia como un todo o por las disciplinas individuales. En Europa Occidental los académicos son, por estatuto, funcionarios civiles y no profesionales independientes. El ingreso a la academia está regulado por exámenes competitivos validados por el Estado.

La profesión académica en esos países tiene más bien características de un estamento. El término también es apropiado porque define a los académicos por su posición institucional y por su perspectiva nacional.

El surgimiento de la universidad moderna en Europa Occidental tiene mucho que ver con el surgimiento de los estados burocráticos centralizados del siglo XVIII y XIX. Se dio un movimiento abierto para identificar a la universidad con el servicio estatal, legal y profesionalmente a través de la educación de los funcionarios civiles. El papel de las universidades consistió también en constituirse en el bastión del pluralismo y racionalismo secular nacional en contra de la hegemonía exigida por la iglesia católica. En distintos grados, las universidades europeas fueron encargadas de una función política y cultural explícita. La relación estrecha entre el Estado y la Universidad se sostuvo en tres pilares: el monopolio en el otorgamiento de certificados y grados que conducían al servicio público, un contexto legal elaborado y formal, y una misión cultural explícita.

Una casa dividida

Aseguran estos autores que entre 1968 y 1975 los modelos tradicionales de autoridad se vieron severamente cuestionados y muchos se derrumbaron. En este período, la cosmología del universo académico sufrió una drástica revisión. La noción ptolemaica de que la academia gira alrededor de la cátedra dio lugar a un concepto más caótico de distribución del poder que algunos han comparado con la teoría del universo monádico de Leibnitz. El sistema de autoridad y administración centrado en la cátedra-facultad fue reemplazado por un modelo corporativista de participación, arraigado en la autoridad colectiva de diferentes grupos de interés.



La Ley de Educación Superior Francesa de 1968 marcó el inicio de este desarrollo.

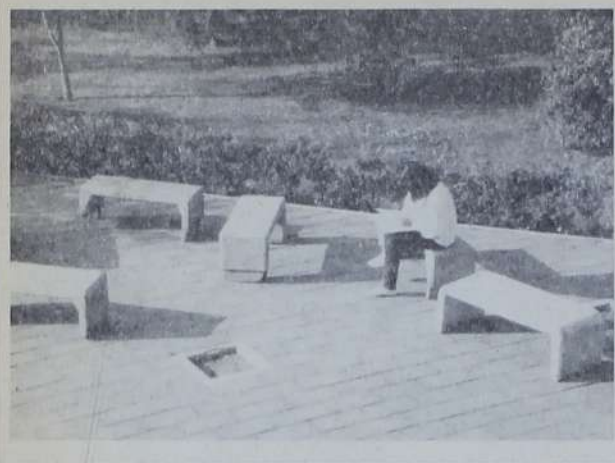
El conflicto y la hostilidad declaradas que acompañaron estos cambios revelaron cuán profunda era la división entre los partidarios del orden y los del cambio: entre la mayoría de los profesores titulares de base, y el personal joven, la mayoría sin definitividad. Para los primeros el cambio simbolizaba el fin de la razón; para los segundos, las reformas eran el justo toque de trompeta que acabaría con el poder feudal de los barones académicos.

El surgimiento de un desequilibrio ecológico

La relación entre el catedrático y su asistente graduado, una relación de maestro-aprendiz, la ven Neave y Rhoades desde dos perspectivas: (i) como una forma persistente de organización y de autoridad, que perduró en la academia después de haber desaparecido en otros sectores de la sociedad; (ii) como un sistema de aculturación en los valores académicos y de iniciación a las culturas disciplinares en la universidad; desde esta perspectiva la relación era crucial como instrumento primordial de socialización para reproducir el estamento académico.

Por su parte, el balance entre el contexto y el ambiente interno de las universidades era extremadamente delicado; en última instancia la estabi-

Foto: Alfonso Medina



lidad del ambiente académico interno dependía de las funciones selectivas de la educación media superior y su habilidad para limitar el número de estudiantes que entraban a la universidad ya que, una vez poseedores del *Baccalauréat*, el *Abitur* o la *Maturité* los estudiantes tienen el derecho legal, constitucional, a un puesto en el sistema de educación superior.

A partir de 1950, los sistemas de educación secundaria en vez de disminuir la demanda por educación superior la incrementaron efectivamente. El aumento en el número de estudiantes trajo consigo el incremento del personal académico. Pero las universidades de Europa Occidental no tuvieron la capacidad para regular ni el crecimiento de su personal académico ni el de la matrícula estudiantil. Esta regulación era una tarea del Ministerio. Entre 1960 y 1970, las tasas de crecimiento de la matrícula variaron entre 365% en Italia, 348% en Francia y 323% en Alemania Occidental.

El crecimiento de la matrícula significó el reclutamiento de jóvenes graduados capaces de instruir a los estudiantes de licenciatura. La academia en Europa continental no sólo tuvo que enfrentar un flujo masivo de personal académico joven, sino que tuvo que basarse en los procedimientos formales, nacionales y burocráticos para asegurar las promociones; el crecimiento del personal académico más joven fue desproporcionado y es de suponer que se dio un fuerte bloqueo a la movilidad entre rangos. Estos jó-

venes necesariamente buscaron sus derechos por la vía de la negociación política y no por el proceso académico; después de todo la decisión de otorgar la categoría de funcionario civil no depende de la academia, sino de la administración central. Pronto dejaron de ser una clase laboriosa para convertirse en una clase peligrosa.

Cuando se otorgaba la promoción, llegaba tarde y de manera pavorosa. En Francia, por ejemplo, entre 1968 y 1978 el crecimiento en el número de profesores asistentes fue "tan rápido como indecente": pasó de 5 426 a 14 742. El crecimiento es sorprendente, sobre todo si se toma en cuenta que en 1960 había 500 profesores asistentes en la nóminas.

El *colegio vertical*, invisible, paralelo, que ligaba a los catedráticos con sus asociados y asistentes en la función de investigación, que les daba un sentido de identidad y de interés común en torno a la búsqueda de la verdad, y que era la principal agencia de inducción y socialización en la academia no se pudo sostener.

Al suprimir el lazo de la investigación se dio cabida a un grupo docente que no tenía ningún interés ni conexión formal en el sistema de cátedra-facultad. A la vez, cargas muy pesadas de docencia llenaron todo el tiempo necesario para la investigación que hubiera conducido a la calificación. Dentro de los cánones formales de la academia, los instructores dejaron de ser elegibles para promoción y definitividad.

Academia y sindicalismo

Los retos a la estructura de autoridad de la cátedra fueron acompañados por intentos del personal joven de ligarse con organizaciones externas como los sindicatos, los partidos políticos o ambos. Estos movimientos no fueron universales y en los países en los que se dieron presentaron diferencias importantes. Por ejemplo, en Alemania se vieron acompañados por el surgimiento de organizaciones académicas nominalmente independientes del sindicato externo.

En Francia, Bélgica, Italia y Holanda, el personal joven tendió a evitar la creación de asociaciones profesionales separadas al interior de la academia. Su objetivo fue más bien ejercer presiones externas sobre esta última a través del proceso político, aliándose a los principales sindicatos. Lo anterior no fue enteramente gratuito; confinados a la docencia en el pregrado, sus miembros vieron mayores similitudes entre sus condiciones y las de los maestros de primaria y secundaria que con las de un cuerpo académico del que estaban excluidos en buena medida.

La estratificación formal del estamento académico en colegios electorales se derivó en buena medida de las formas de participación de trabajadores que estaban en discusión en la industria.

Reorganización de la autoridad en la academia

La reorganización de la autoridad académica redujo el poder de los profesores. El sistema de cátedra-facultad fue reemplazado por otras unidades básicas de toma de decisiones, diferentes en cada país. En Francia, por ejemplo, las unidades de investigación y enseñanza. En Bélgica se llegó a una subdivisión de la estructura de las facultades mediante unidades departamentales de decisión con un sistema de representación tripartita: una tercera parte estudiantes, otra de profesores asistentes con definitividad o sin ella, y una tercera parte de profesores titulares con definitividad. Este sistema arraigó en varios países.

Pero en un sistema de educación superior centralmente controlado el poder y la influencia de los profesores no se limita a la institución. Hay muchos datos que sugieren que si bien el poder de los catedráticos disminuyó en el nivel institucional, se reagrupó y consolidó en las alturas de mando desde donde se controla el sistema de educación superior.

El Estado nacional y la reforma del trabajo académico

Los cambios en las estructuras de gobierno de las universidades surgieron

de fisuras internas en el estamento académico pero no invalidaron su percepción como un cuerpo nacional. De ser una institución dedicada al cultivo del conocimiento, la universidad pasó a ser percibida por los gobiernos como un instrumento de desarrollo económico. El cambio no negaba la centralidad nacional de la institución, simplemente le cambiaba la tarea de unificación cultural a la de asegurar la vitalidad económica de la nación.

La política del gobierno hacia la educación superior se organizó alrededor de formas específicas de profesionalización, tratando de ligar directamente el currículum con las habilidades requeridas en ciertos trabajos del sector privado, dado el colapso del mercado de trabajo estatal a principios de los sesenta. Se dieron igualmente intentos de regionalizar las instituciones. Pero estas políticas no alteraron la naturaleza nacional de la misión universitaria ni produjeron cambios curriculares importantes. El crecimiento se presentó bajo la muy honrosa fórmula de *más de lo mismo*.

La resistencia académica al cambio

Las reformas no tienen que ser enfrentadas con oposiciones estridentes; la inercia y la inactividad son igualmente efectivas. Neave y Rhoades analizan dos reformas, la de Francia y la de Alemania. En ambos casos, los académicos tuvieron muy poca influencia en la formulación y adopción de las



Foto: Alfonso Medina

políticas pero tuvieron toda la fuerza para no cumplirlas. Este rechazo muestra el grado al cual la academia es capaz, a pesar de todo, de controlar su propia casa.

Visión de la profesión académica mexicana

La riqueza conceptual del análisis que hacen estos dos autores tiene amplia aplicación en el caso de México. Por lo menos sugiere preguntas pertinentes para guiar los indispensables análisis que suplan el vacío existente en torno al conocimiento de los profesionales de nuestra educación superior.

Este conocimiento será mucho más fructífero si usamos los conceptos básicos de estos autores para explicar el desarrollo de la profesión académica en Europa Occidental: ecología académica, colegio *vertical* y estamento académico, y los procesos de crecimiento y cambio que describen: desequilibrio ecológico, intervención de la burocracia estatal y de los sindicatos, como categorías o rubros de análisis.

Un crecimiento ecológicamente desequilibrado

No es aventurado decir que el crecimiento de la matrícula y de la planta de profesores necesaria para atenderla fue determinado en México por las políticas estatales de propiciar al máximo la apertura de oportunidades de educación superior a los jóvenes iracundos del 68. La posesión del grado de bachillerato, como en el caso del *Baccalauréat*, el *Abitur*, la *Maturité*, no podía dejar de constituirse en un derecho legal y legítimo para tener acceso a la educación superior. A la vez, la ampliación de oportunidades de educación superior permitió abrir un amplio mercado de trabajo, el académico, a los estudiantes a punto de egresar de ese nivel educativo. Por lo mismo las instituciones académicas se han desarrollado bajo los inquietantes signos de una profunda ruptura del necesario equilibrio ecológico académico que hubiera garantizado el crecimiento con un mínimo de calidad.

En efecto, cabe preguntarse cómo se ha resuelto el vínculo de la socialización en los valores académicos dentro de las formas existentes de autoridad académica en el país, o si esto último quedó totalmente fuera de la percepción del problema mexicano. Pero a la pregunta le hace falta una importante precisión: en realidad no sabemos cuál fue el equilibrio que se rompió. Difícilmente podría decirse que el sistema de cátedra, tal como lo describen los autores en cuestión, hubiera sido la forma académica consolidada de la universidad mexicana anterior a la reforma de 1970; en todo caso habría sido una excepción. Para empezar, el número de profesores de tiempo completo sólo representaba el 8.7% del total del profesorado;² apenas en 1963 el estatuto del personal docente de la UNAM reglamentó el derecho de los profesores de tiempo completo a la investigación.³

En segundo lugar, los institutos de investigación nacieron separados de las escuelas profesionales y la docencia de posgrado. Aunque con las mismas denominaciones, el sistema de facultades en la universidad mexicana y el tipo de *catedrático* no responden a la conceptualización que los caracteriza en Europa occidental. ¿Cuál era entonces la forma estructural de organización académica de una universidad mexicana en la que la investigación tenía muy poco lugar y estaba casi totalmente desligada de la docencia? ¿Cuál había sido el factor de consolidación en la formación profesional? En mi opinión, se trata del *catedrático* mexicano: un personaje con un profundo conocimiento de su profesión y con una decidida *vocación docente* (que lo lleva, por ejemplo, a escribir sus libros de texto, muchos de ellos todavía de impactante actualidad); íntimamente ligado con el desarrollo de la profesión en el mercado de trabajo; con influencias en él; con importantes éxitos profesionales; con los recursos para orientar la carrera externa de sus estudiantes. Sin embargo, casi nada sabemos acerca de cómo formaba este *catedrático* a las nuevas generaciones de docentes.

El tremendo crecimiento del personal académico indudablemente rebasó con mucho cualquier una de las formas que hubiera habido de socialización académica, aunque no se conozca cuáles y cómo hayan sido. Reconociendo el problema de la irrupción de profesores noveles, se

instrumentaron una infinita variedad de programas y cursos de formación de profesores cuya eficacia hasta la fecha es dudosa; crecieron los programas de posgrados, muchos de ellos con el propósito fundamental de mejorar la formación de los docentes, aunque también, en buena medida, con la distorsión de otorgar a como diera lugar el grado académico que posteriormente se exigió a los docentes. En fecha reciente, 60% de los programas de posgrado nacionales fue calificado como de calidad insuficiente, precisamente por no estar sostenidos por académicos de tiempo completo con grados formalmente acreditados y con elevada productividad en investigación.⁴

Por otra parte, podría decirse que por ningún lado se apoyó un trabajo académico colegiado: los profesores no lo hicieron porque dedicaron sus energías al sindicalismo; las autoridades tampoco, no fuera que estos colegios rápidamente se constituyeran en una nueva fuerza sindical. De ahí que en los hechos, la socialización de los nuevos profesores se haya visto reducida al trabajo individual diario con el contenido preciso de una asignatura (ni siquiera disciplina) que en cada vez más ocasiones era decidida por los grupos centrales de planeación académica, sin participación real de los profesores. La estructura departamental y la integración investigación-docencia se hizo realidad sólo en una de las nuevas instituciones, lo que explica seguramente la mejor calidad relativa de esta institución frente a las muchas que se crearon en la misma época.

Tal vez no se pueda decir que "se rompió el equilibrio de fuerzas" en las instituciones porque en muchísimos casos se trató de instituciones nuevas. Pero cabe entonces la duda acerca de qué tanto el nacimiento de las nuevas instituciones con estas características de desequilibrio en sus factores académicos les impuso una *impronta genética* que será muy difícil transformar.

¿Estamento o profesión?

Por otro lado, es evidente que las características de la profesión académica actual en el país tienen más de estamento que de profesión liberal; están más determinadas por las negociaciones resultantes entre las demandas salariales y gremiales de los

sindicatos del personal académico, por un lado, y la homogeneización de partidas presupuestales — junto con sus restricciones — marcadas por el Estado, por otro.

La relación de la profesión académica mexicana con el Estado es clara en algunos de los aspectos que señalan Neave y Rhoades, pero no en todos: hay leyes constitucionales y administrativas que delimitan las condiciones de empleo y, aunque en el transformo de la política de empleo se perfila el código del *personal civil de carrera*, el trabajador académico no se considera un funcionario civil. Si bien el presupuesto proviene del Estado, e inclusive existe, aparentemente, un *modelo salarial* (federal) de educación superior, la mediación de cada institución en el monto total logrado y en la manera de asignar las categorías académicas es determinante. No existen exámenes validados por el Estado como forma de ingreso a la academia, sino procedimientos internos amparados bajo el signo de la autonomía universitaria.

Las universidades públicas mexicanas tienen un claro sentido de *instrumentos del Estado* para la conservación y transmisión de la cultura. Son, además, objeto de la planeación estatal, y en todos los planes de educación superior que ha generado el Estado mexicano se les reconoce (y se les atribuye) el papel de promotores del desarrollo económico tanto en lo que se refiere a las profesiones como en lo que se refiere a la incipiente investigación científica.

Una casa dividida

Podría aceptarse también que en México la ineludible base del reclutamiento de los profesores entre los jóvenes con 75% de los créditos de la licenciatura como ayudantes de profesor y con el 100% de los mismos o el título profesional como profesores ellos mismos, ante la ausencia de personal calificado para desempeñarse como profesor universitario, impulsó el desarrollo de los sindicatos académicos y la búsqueda de apoyo en los partidos políticos para lograr la definitividad, promociones y prestaciones laborales. Las presiones sindicales ejercidas muchas veces resultaron en categorías otorgadas que no son mínimamente respaldadas por el currículum del académico.

La discusión sobre la posible participación de los sindicatos del personal académico en lo que se denominaría *asuntos académicos* duró toda la década de los setenta, ejemplificada en sus niveles más formales con las disputas entre el sindicato del personal académico de la UAM y el rector Salmerón. Al final se resolvió legalmente en contra. Sin embargo, el vínculo con los sindicatos y partidos políticos no fue sólo con fines de una mejor situación laboral. Partidos políticos y sindicatos académicos encontraron en las universidades estatales espacios de participación política nacional para un *nuevo proyecto de sociedad* en el que atribuían a una nueva universidad crítica, democrática popular, un papel clave. Como resulta ahora evidente, lo hicieron con un enfoque eminentemente externo y mesiánico de la institución académica; no se preocuparon por traducir los grandes objetivos socioeducativos en contenidos relevantes y procedimientos curriculares y pedagógicos pertinentes, y se olvidaron que las instituciones educativas procesan conocimientos, provocando la profunda pobreza actual de la academia. A lo anterior hay que agregar el enorme deterioro en los sueldos a lo largo de la década de los ochenta, que propició el que buena parte del tiempo formalmente contratado por las instituciones se destinara en los hechos a otro tipo de actividades remunerables.

No dejaron de generarse, a lo largo de este período, diferencias importantes al interior de la profesión académica. Por un lado, los investigadores de tiempo completo adscritos a los centros de investigación, con muy escasa carga docente; por otro, los docentes, de tiempo completo, de medio tiempo, por horas, etc. (muchos de los cuales, por cierto, podrían resultar profesores de asignatura a tiempo completo) que llevaron todo el peso de la docencia en una universidad de masas. La brecha sólo se hace visible varios años después y cristaliza en el Sistema Nacional de Investigadores. Este organismo hace palpable la diferencia entre aquellos académicos que reúnen ciertas características de productividad académica (entendida con un concepto cosmopolita de calidad de la misma), apenas un 4% del personal total de las instituciones de educación superior (cerca de un 18% del personal académico nacional de tiempo completo), y todos los demás, cuyo desempeño profesional en realidad se desconoce. Durante la

década de crisis de los ochenta, los primeros se aliaron muy rápidamente a las alturas de mando desde donde se controla el sistema de educación superior, imponiendo sus concepciones sobre el modelo de calidad a alcanzar y lograr tratamiento preferencial en la cuestión salarial para quienes alcanzaran esas características.

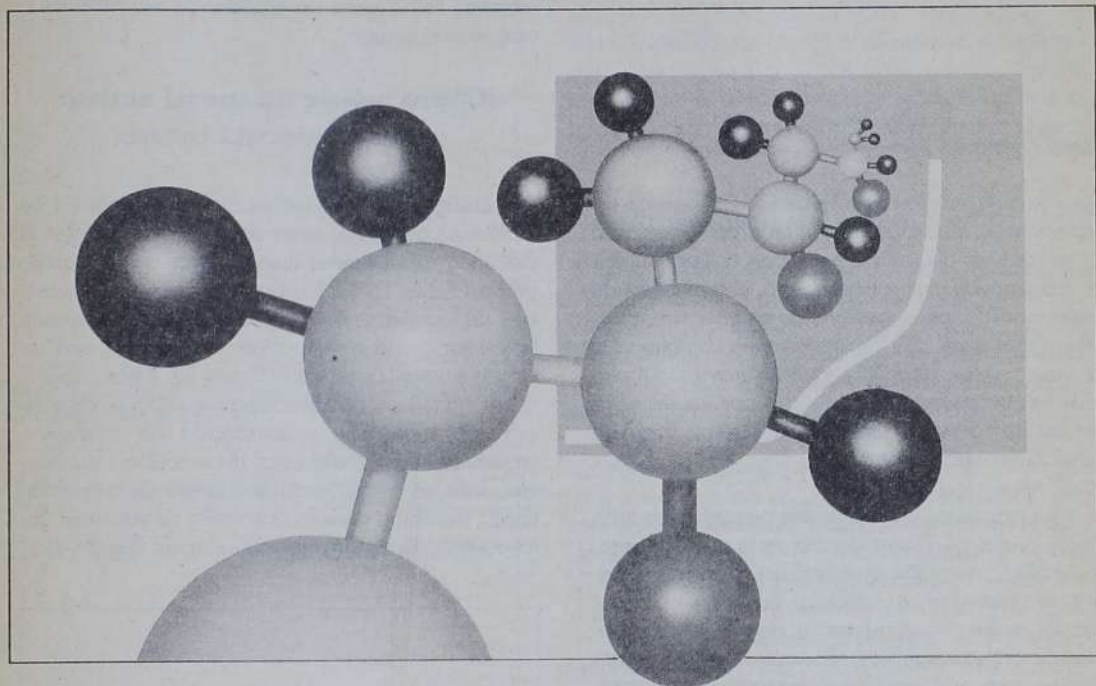
Como puede verse, el estudio de la profesión académica en otros países abre múltiples y muy complejas dimensiones de análisis para el conocimiento del desarrollo que ha tenido un nuestro país y los rasgos que ahora la caracterizan. Difícilmente podrán elaborarse políticas para un mejoramiento efectivo de la calidad de nuestra educación superior si simplemente se adoptan modelos únicos como referentes de calidad y se desconoce la génesis de nuestra situación actual.

Notas

1. Neave, Guy y Rhoades, Gary. *The Academic Estate in Western Europe* en Clark, Burton R. *The Academic Profession. National, disciplinary and institutional settings*. University of California Press, Berkeley, 1990. pp: 212-270.
2. de Ibarrola, María. *Higher Education in Mexico. The unfulfilled dimensions of a democratic growth*. en Clark, B.R. y Neave, G. *Encyclopedia of Higher Education*. Pergamon Press, London, en prensa.
3. Vessuri, Hebe. *La ciencia académica en América Latina en el siglo XX*. en Saldaña J. J. (editor) *La ciencia en América Latina*. Editorial Quipu, en prensa.
4. Declaraciones de Miguel José Yacamán, *Excelsior*, 23 de septiembre de 1991. *Posgrado*, Evaluación de los programas de posgrado de excelencia, editado por CONACyT, 1991.



Los compuestos organometálicos en la activación de moléculas inertes



Angeles Paz Sandoval

Química del carbono-uno

La necesidad de contar con fuentes alternas que disminuyan el consumo de los recursos no renovables, como el petróleo, para satisfacer un buen número de nuestras necesidades energéticas ha motivado numerosas investigaciones enfocadas a la obtención de sustancias orgánicas complejas a partir de moléculas pequeñas, baratas, abundantes y accesibles a todos. Desafortunadamente, estas sustancias tienen la característica intrínseca de ser

químicamente inertes. Simulando la fotosíntesis y otros procesos catalíticos se ha investigado la conversión de metano, metanol, dióxido o monóxido de carbono y otras moléculas sencillas como el etileno para producir cantidades industriales de polímeros y otros materiales necesarios en nuestra vida moderna (Figura 1).

Hacer reaccionar estas moléculas pequeñas exige un reto continuo en los laboratorios químicos, donde es necesario estudiar nuevas reacciones que permitan estas transformaciones en forma eficiente y controlada. Como ya mencioné, una característica de muchas de estas moléculas simples es su gran estabilidad y con ello la dificultad de hacerlas reaccionar con otras sustancias. Los

La Dra. Angeles Paz Sandoval es profesora titular del Departamento de Química. Es química de la UNAM y obtuvo su doctorado (Química) en la Universidad de Londres, Inglaterra. Su campo de investigación es la química organometálica.

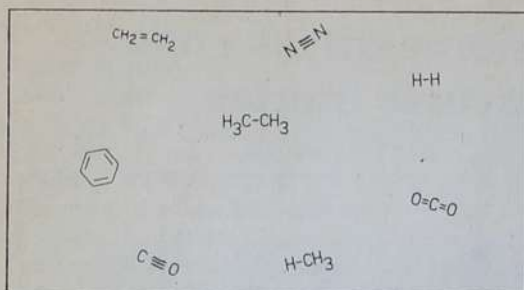


Figura 1. Moléculas poco reactivas, susceptibles de activarse.

metales de transición han brindado una ayuda espectacular al respecto, ya que al interaccionar con las moléculas pequeñas y formar enlaces metal-carbono, modifican e intensifican la capacidad de reaccionar de estas moléculas simples con otras sustancias para dar derivados más complejos; y de mayor valor agregado. Puesto que estas moléculas pequeñas están constituidas por un solo átomo de carbono, su química se conoce como la química del carbono-uno (C_1).

La activación de moléculas pequeñas ha tenido un interés particular dentro de la química organometálica, disciplina que floreció en forma acelerada a partir de la década de los cincuenta debido, entre otras causas, a que muchos compuestos organometálicos se emplean como catalizadores (aceleradores) para aumentar la reactividad de moléculas inertes o poco reactivas.

La búsqueda por todos los medios de un uso más eficiente de la energía es una necesidad actual y resulta vital evitar desperdiciar sustancias

que puedan tener un mejor uso. Un ejemplo es el desperdicio del metano, el cual se quema en muchos campos petroleros debido al alto costo de su transportación; algo más útil sería convertirlo en otro derivado de mayor valor agregado y de fácil manejo, como sería un líquido, ya sea metanol u otro alcano mayor.

¿Cómo puede un metal activar a una molécula inerte?

Las energías de disociación de los enlaces en las moléculas pequeñas antes mencionadas reflejan la dificultad de utilizarlas directamente como materia prima (Tabla 1). Es importante destacar la habilidad de los elementos metálicos de transición para funcionar como catalizadores, acelerando una reacción sin ser consumido (Figura 2). Estos catalizadores metálicos pueden llevar a cabo la disociación de moléculas o asociación de átomos o moléculas bajo condiciones de reacción muy suaves. Esto es, reduciendo la energía de activación (E_{act}) necesaria para la obtención de sustratos útiles a partir de sustancias abundantes (Figura 3).

Tabla 1. Energías de disociación del enlace¹.

		Energía KJ/mol
Hidrógeno molecular	H-H	435
Metano	H ₃ C-H	414
Etano	H ₃ C-CH ₃	347
Etileno	H ₂ C=CH ₂	611
Dióxido de carbono	OC=O	803
Oxígeno molecular	O=O	498
Monóxido de carbono	C=O	1075
Nitrógeno molecular	N=N	946

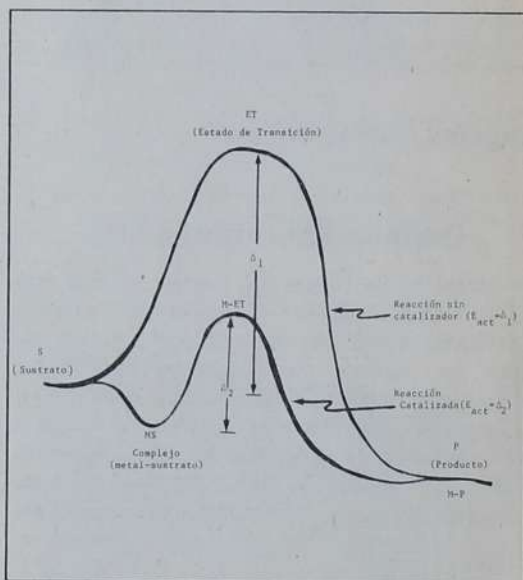


Figura 2. Perfil de energía de un proceso no catalizado y catalizado², este último simplificado para mejor comprensión. (Por lo general, esta reacción procede en varios pasos.)

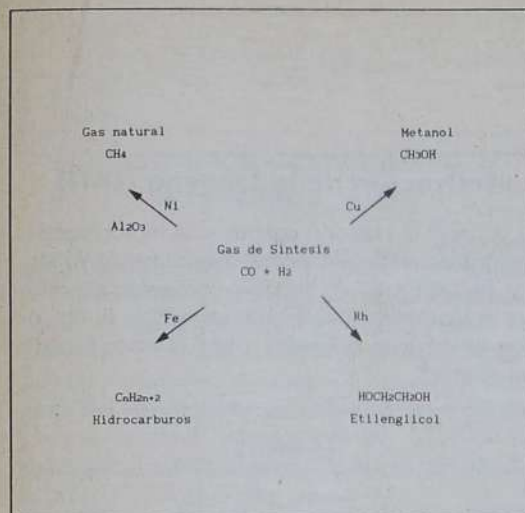


Figura 3. Reactividad de la mezcla CO/H_2 en presencia de diferentes metales de transición.

Se ha determinado en el laboratorio la energía necesaria para introducir un metal de transición, como el iridio y el platino, a moléculas relativamente inertes; los resultados sugieren un proceso termodinámico favorable (Tabla 2). La interacción de una molécula poco reactiva con un metal de transición modifica de manera substancial sus características y le confiere una reactividad muy diferente. A continuación se describe la activación de las diferentes moléculas mencionadas.

Activación de alcanos (C-H)

El eterno sueño de muchos químicos es crear una industria química nueva, basada en la conversión directa de hidrocarburos como el metano. La funcionalización de hidrocarburos en forma directa, selectiva y bajo condiciones de reacción suaves es, sin embargo, uno de los retos más importantes en la actualidad. La activación del enlace carbono-hidrógeno en presencia de metales de transición parece ser el camino encontrado más inmediato. Sin embargo, a pesar del progreso logrado en la activación del enlace C-H estequiométrico, los ejemplos de reacciones catalíticas productivas son aún raras y la mayoría se llevan a cabo cuando el sustrato es un hidrocarburo aromático, siendo el más estudiado el benceno. (Tabla 3).

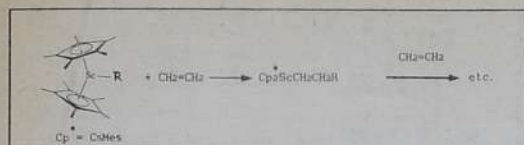
Tabla 2. Estimaciones y determinaciones termoquímicas.³

Compuesto Metálico	Molécula Pequeña	Molécula Activada	ΔH (KJ/mol)	ΔG (KJ/mol)
	+ H-H		-67	-25
	+ CH3-H		-8.4	33
	+ CH3-CH3		-17	25
H3P-Pt-PH3	+ H-H		-67	-25
H3P-Pt-PH3	+ CH3-H		37.7	79.5
H3P-Pt-PH3	+ CH3-CH3		79.5	121

Tabla 3. Funcionalización directa de benceno catalizada por metales de transición.⁴

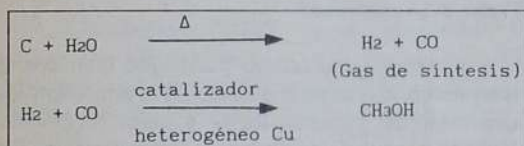
Substrato	Reactante	Catalizador	Irradiación	Producto
PhH	O ₂	Pd(II)	no	Ph-Ph
PhH	CH ₂ =CH ₂	Pd(II) + Cu(II)	no	PHCH=CH ₂
PhH	CH ₂ =CH ₂	Rh(O)	no	PhCH=CH ₂
PhH	CO	Ir(I), Rh(I)	si	PhCHO

Algunos de los resultados recientes más espectaculares se ilustran a continuación. En Japón, Tanaka⁴ y su grupo han mostrado la utilidad del catalizador $\text{RhCl}(\text{CO})(\text{PMe}_3)_2$. Este catalizador bajo irradiación puede activar en forma eficiente no sólo hidrocarburos aromáticos, sino también alcanos con una selectividad y eficiencia fascinantes para dar aldehídos del tipo:

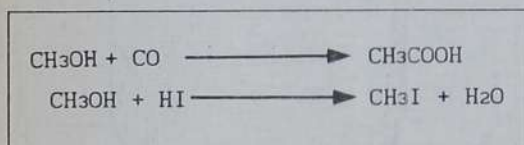


Activación de monóxido de carbono (C=O)

El carbono es una fuente importante de energía y se puede convertir en mezclas de CO/H₂ en presencia de aire y vapor de agua. Estas mezclas son conocidas como gas de agua o gas de síntesis, y pueden convertirse en metanol o combustibles a partir del uso de varios catalizadores heterogéneos. Los catalizadores heterogéneos son aquellos que están en una fase diferente a la del sustrato que activan (Figura 3).



El uso de catalizadores homogéneos (actúan en la misma fase) también permite la activación del CO. Un ejemplo es la síntesis del ácido acético via el proceso Monsanto,⁶ que se presenta en la figura 5. Permite la inserción de una molécula de monóxido de carbono en una de metanol para dar ácido acético, y también la reacción de metanol con yoduro de hidrógeno para dar un reactivo muy importante en química: el yoduro de metilo.



Otra química interesante es aquella en la que se reduce el CO a un grupo metilo que queda unido con el metal (alquilo metálico). La transformación se puede apreciar en la reacción:²

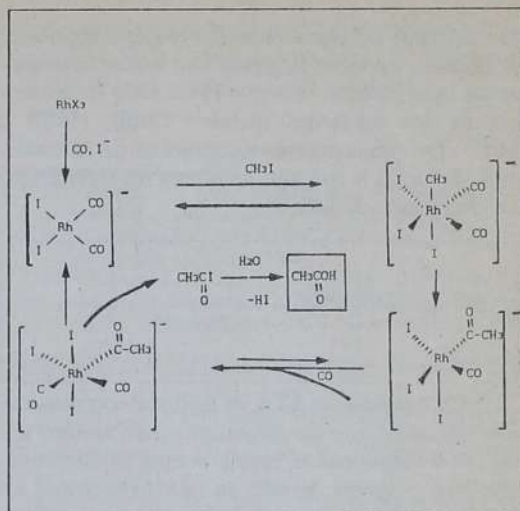
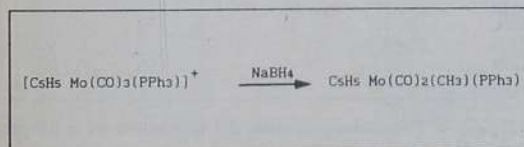
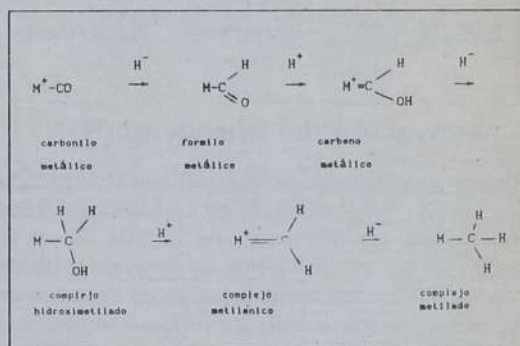


Figura 5. Mecanismo de carbonilación del metanol catalizado por rodio.⁶

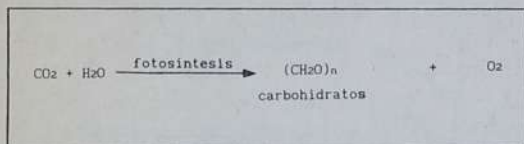
via la formación de complejos formilo, como los descritos enseguida:



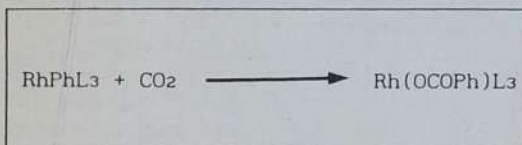
Activación del dióxido de carbono (O=C=O)

El dióxido de carbono está presente en la atmósfera y es termodinámicamente muy estable, de manera que no hay demasiados productos potenciales que puedan ser preparados a partir de CO₂ via procesos espontáneos. El ejemplo de activación de CO₂ más importante es la fotosíntesis, en la cual los fotones provenientes de la luz solar son los responsables de alcanzar la energía de activación necesaria para remontar la cima (Figura 2) y lograr la reducción de CO₂ hasta carbohidratos, junto con

la oxidación del agua para dar oxígeno molecular (Figura 6). En estos procesos hay varias metaloenzimas involucradas, una que fija el CO_2 en presencia de los siguientes metales: Cu(II) , Mn(II) y Mg^{2+} . La metaloenzima responsable de la oxidación del agua a oxígeno involucra un manganeso en alto estado de valencia.

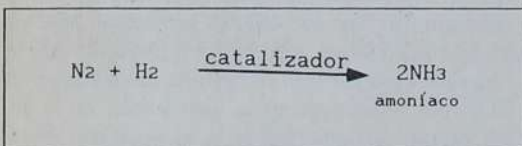


La química del CO_2 es limitada con respecto a la del monóxido de carbono, debido al débil enlace que forma con el metal, el cual se disocia fácilmente. A pesar de ello, se han registrado¹⁰ un buen número de activaciones del CO_2 que mimetizan a la fotosíntesis; un ejemplo se ilustra con el complejo de rodio.²



Activación del nitrógeno ($\text{N}=\text{N}$)

Desde la antigüedad se observó que la existencia de ciertas plantas silvestres en una tierra cultivada favorecía el crecimiento de las semillas. Ahora se sabe que ello se debe a que las raíces de la planta son infectadas por varias especies de bacterias de la tierra, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico para dar amoníaco con la ayuda de la metaloenzima nitrogenasa. El amoníaco liberado fertiliza no únicamente la planta que hospeda a la bacteria, sino que escapa a los alrededores estimulando el crecimiento de plantas vecinas.



Es bien conocido que el molibdeno es esencial para la fijación del nitrógeno en los sistemas biológicos, junto con el hierro y el magnesio.

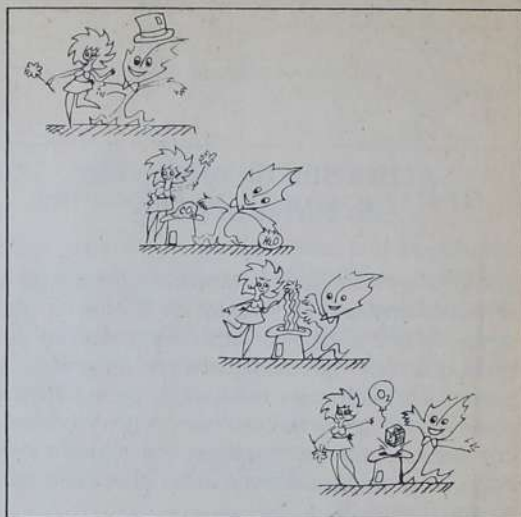


Figura 6. La fotosíntesis.⁹

El dinitrógeno (como llaman los químicos al gas nitrógeno que se encuentra en la atmósfera) es una molécula bastante inerte y nadie ha podido reducirla catalíticamente en el laboratorio en las condiciones tan suaves que emplea la nitrogenasa. Sin embargo, ya se conoce una centena de modelos hechos en el laboratorio para reproducir la labor de la nitrogenasa.

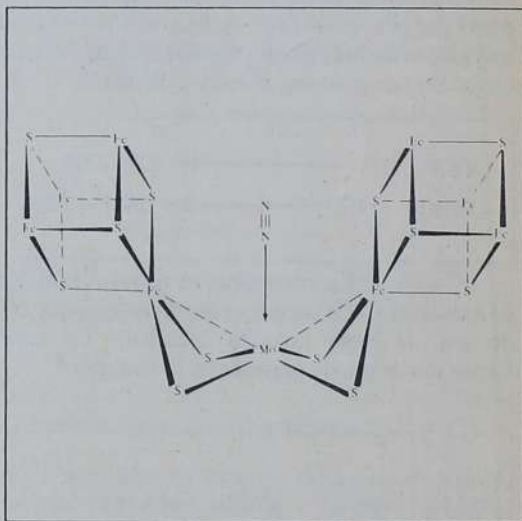
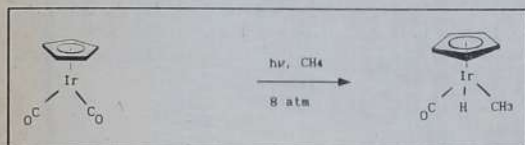


Figura 7. Estructura propuesta del sitio activo en la nitrogenasa.¹¹

La extraordinaria habilidad de los metales de transición para remodelar las estructuras moleculares mediante el rompimiento y formación de enlaces inertes en condiciones suaves de reacción fue una sorpresa agradable. Aún queda mucho por comprender para establecer leyes generales en este campo de la química. Sin embargo, queda claro que se puede pronosticar que en el futuro la catálisis por metales de transición generará procesos de conversión eficientes y selectivos de hidrocarburos abundantes como el metano, para la obtención de productos químicos de mayor valor agregado.



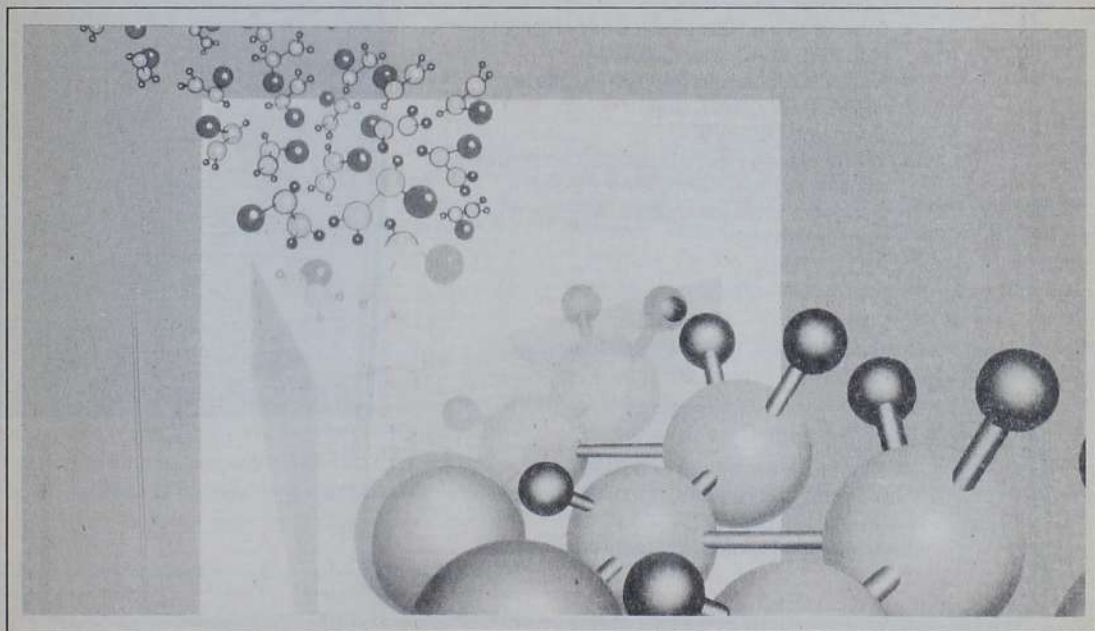
Un ejemplo reciente es la conversión¹² de metano a hidrocarburos con dos átomos de carbono bajo presión atmosférica, temperaturas moderadas (600°C) y una selectividad mayor al 97%.

Construir moléculas complejas a partir de moléculas muy sencillas, de un sólo átomo de car-

bono, como he dicho llamada química del carbono uno (C₁), ha sido muy estimulante y es un reto actual para los químicos organometálicos.

Notas

1. K.F. Purcell, J.C. Kotz, *An Introduction to Inorganic Chemistry*, (Saunders College Publishing, 1980).
2. R.H. Crabtree, *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*, (J. Wiley, 1988).
3. J.P. Collman, L.S. Hegedus, J.R. Norton, R.G. Finke, *Principles and Applications of Organotransition Metal Chemistry*, (University Science Books, Mill Valley, California, 1987).
4. M. Tanaka, T. Sakakura, *Pure & Appl. Chem.* **62** (1990) 1147.
5. P. Powell, *Principles of Organometallic Chemistry*. 2nd. ed. (Chapman & Hall, 1988).
6. A. Yamamoto, *Organotransition Metal Chemistry* (J. Wiley, 1986).
7. M.L.H. Green, *Pure & Appl. Chem.* **50** (1978) 27.
8. J.E. Bercaw, *Pure & Appl. Chem.* **62** (1990) 1151.
9. J.H. Woodbum, *Taking Things Apart and Putting Things Together* (Amer. Chem. Soc., USA, 1976).
10. D.J. Darensbourg, R.A. Kudarowski, *Adv. Organometal. Chem.* **22** (1983) 129; C.P. Kubiak, K.S. Ratliff, *Israel J. Chem.* **31** (1991) 3.
11. J.E. Huheey, *Inorganic Chemistry*, 3rd. ed. (Harper International SI Edition, 1983).
12. a) H. Heinemann, G.A. Somorjai, P. Pereira, S.H. Lee, *Catalysis Letters* **6**, (1990), 255; b) J. Haggin, *Chem. & Eng. News*, noviembre 26, 1990, p. 8.



V ESCUELA MEXICANA DE PARTICULAS Y CAMPOS

Guanajuato, Gto.

30 de noviembre - 11 de diciembre, 1992.

DIVISION DE PARTICULAS Y CAMPOS DE LA
SOCIEDAD MEXICANA DE FISICA

Cursos Invitados

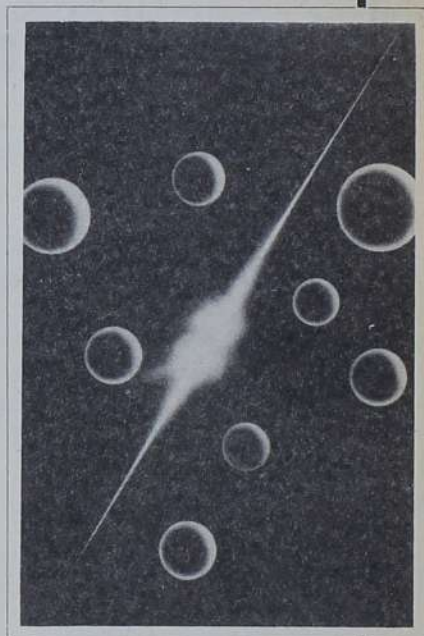
- Gauge Symmetries, Topology and Quantization, A.P. Balachandran, Univ. de Syracuse, EUA.
- The physics and proposed experiments at LHC, K.Eggert, CERN, Ginebra, Suiza
- Searching for the Higgs Boson(s): Standard Model and beyond, J.F. Gunion, Univ. California, Davis, EUA.
- Physics at the Next Linear Collider (NLC), M.L. Perl, SLAC, Stanford, EUA.
- New ARGUS results and first results from HERA, D. Wegener, Univ. Dortmund/DESY, RFA.
- Lagrangianos efectivos quirales en procesos débiles, A. Pich, CERN, Ginebra, Suiza.
- J. Weyers, Univ. de Lovaina, Bélgica, título por confirmar.

LUGAR:

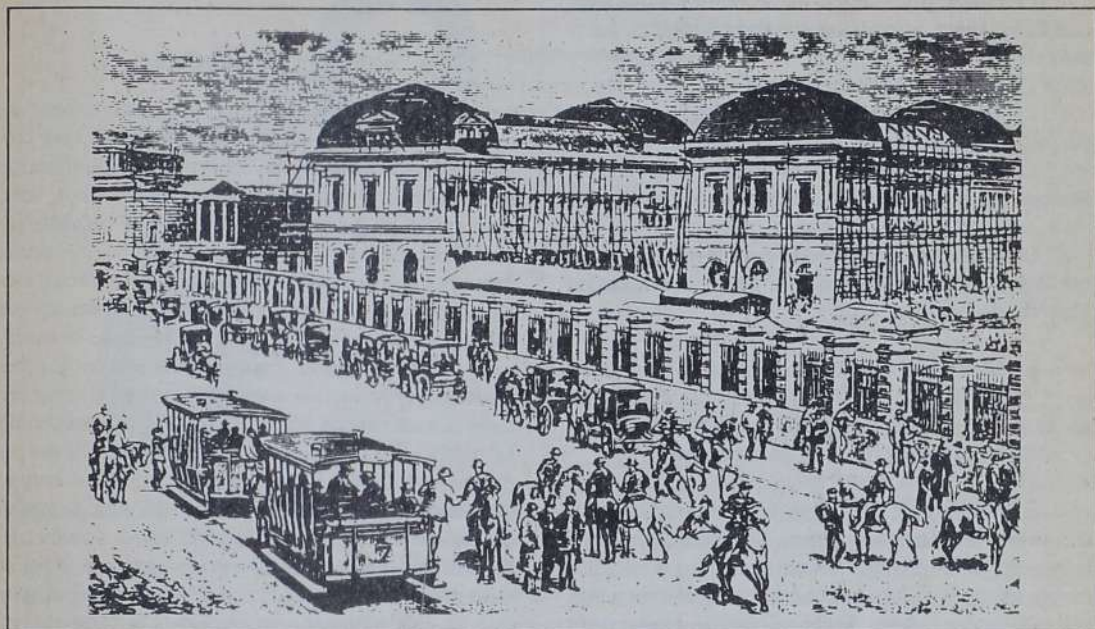
Instalaciones del CIMATEL en Guanajuato

INFORMES:

J.L. Lucio, IFUG, (47) 18 30 80
M. Moreno, IFUNAM, (5) 548 97 83
M.A. Pérez, CINVESTAV, (5) 754 64 76
L. Urrutia, ICNUNAM, (5) 550 57 07
Soc. Mex. de Física (5) 550 59 10



La Física en América Latina



Grabado que representa la construcción de la estación de ferrocarril, hoy pasaje Dardo Rocha, de la ciudad de La Plata, Argentina.

Juan José Giambiagi

Voy a comenzar este artículo refiriéndome a los avances más importantes realizados en los últimos años en la Física. Me referiré luego al estado de la investigación física en América Latina, para abordar luego su proyección hacia el futuro.

Las fuerzas fundamentales

Los físicos han mostrado siempre una tendencia a entender la naturaleza en función del menor número de ideas y conceptos posibles. Es decir, tuvieron siempre la tendencia a entender experimen-

tos con resultados aparentemente desconectados unos de otros en términos de conceptos más amplios que los englobaran como casos particulares. Newton identificó la gravedad terrestre con la atracción de los planetas por el Sol. Faraday y Maxwell unificaron las fuerzas eléctricas y magnéticas. Einstein unificó geoméricamente los conceptos de espacio y de tiempo. La idea que dominó por algunos años la vida de Einstein fue tratar de unificar los campos electromagnéticos con el gravitatorio en una sola teoría que los englobara como casos particulares. Este sueño de Einstein todavía no se ha cumplido, pero ha ejercido una influencia inspiradora pródiga en los últimos años, generando ideas, experiencias y resultados.

Esta misma tendencia de unificación es la que presiona hoy en día la investigación de los

El Dr. Juan José Giambiagi es un físico argentino, actual director del Centro Latinoamericano de Física, Av. Wenceslau Bráz 71, 22290 Río de Janeiro, Brasil. En noviembre pasado recibió el Premio México de Ciencia y Tecnología.

campos de fuerzas que actúan entre las partículas elementales conocidas:

La *fuerza gravitatoria* actúa entre los planetas y el Sol y entre todas las partículas conocidas. Es la más débil.

La *fuerza electromagnética* se hace presente en las partículas cargadas, por ejemplo el protón y el electrón. Es responsable de la existencia de los átomos y en principio de los fenómenos de la vida.

Las *fuerzas débiles*, que actúan también entre todas las partículas, son de muy corto alcance (10^{-16} cm).

La *fuerza nuclear fuerte* actúa a distancias un poco mayores que la débiles (10^{-13} cm). Esta fuerza es la que mantiene ligados los protones y neutrones dentro de los núcleos de los átomos.

El ideal actual de los físicos es demostrar que estas cuatro fuerzas son diferentes caras de una sola fuerza, de la misma manera como en el electromagnetismo la fuerza magnética y la eléctrica son sus diferentes caras. Schroedinger y Heisenberg también mantuvieron esta filosofía cuando mostraron que las fuerzas químicas (llamadas de valencia) eran una manifestación más del electromagnetismo a la luz de la mecánica cuántica.

En el esquema de Einstein faltaron dos fuerzas que no eran conocidas en el primer tercio del presente siglo: las fuerzas nucleares fuertes y las débiles. Es decir, a Einstein le faltó información experimental. Los éxitos parciales de la filosofía de unificación se dieron con la unificación del electromagnetismo con las fuerzas débiles. Esto Einstein no lo podía prever. El éxito de Glashow, Salam y Weinberg se fundó en intentar una teoría unificada del electromagnetismo con la fuerza nuclear débil. Ellos mostraron que estas fuerzas son dos caras diferentes de una misma fuerza: la ahora llamada electrodébil. Como consecuencia de esta unificación se previó la existencia de dos partículas, una cargada (W^+) y otra neutra (Z^0), unas cien veces más pesadas que el protón. Estas partículas fueron experimentalmente encontradas en 1983. El esquema que fusiona las fuerzas nucleares fuertes a las dos anteriores, llamado *modelo estándar*, está

funcionando de manera muy satisfactoria en la explicación de las reacciones a altas energías observadas entre las partículas elementales.

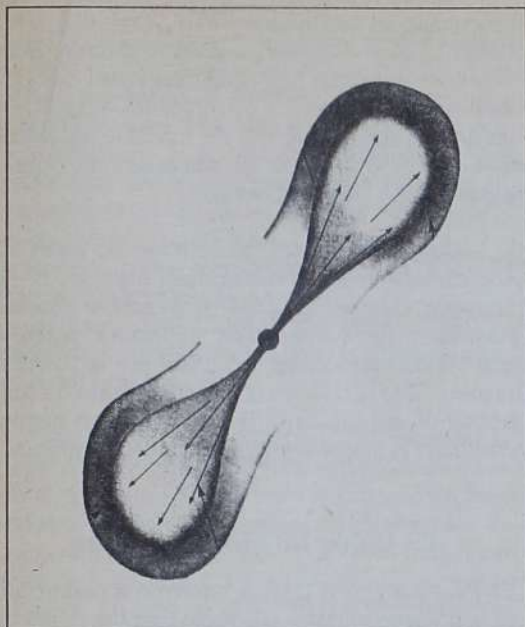
Supercuerdas

La fuerza gravitatoria ha quedado hasta ahora fuera de todos los esquemas de unificación que han tenido éxito, es decir, que han tenido verificación experimental. Este es un gran desafío cuya solución quedará probablemente para el próximo siglo. El intento de incorporar a la gravitación en un esquema unificado ha conducido a audaces teorías que consisten en cuantificar una línea en vez de cuantificar un punto como se hace en la mecánica cuántica común. Estas teorías son muy bonitas desde el punto de vista matemático. Involucran toda la matemática conocida (y algo más también). En particular, cuando dicha línea es una línea cerrada, la teoría parece también incluir al campo gravitatorio. El problema de estas teorías, llamadas de *supercuerdas*, es que todavía están desvinculadas de las observaciones experimentales y no se sabe bien cuántos años habrá que esperar para que se produzca esa vinculación. Ciertamente, no menos de veinte o treinta.

Una tendencia que se viene acentuando en la última década y en distintos campos de la física es la necesidad de hacer teorías en dimensiones mayores que las usuales. Cuatro parece ser el número de dimensiones asociado al electromagnetismo, pero a distancias muy pequeñas surge la necesidad de introducir dimensiones distintas de las usuales. Ello ocurre tanto en teorías de altas energías asociadas a las partículas elementales, como en el estudio de los fenómenos críticos.

Materia condensada

Pasemos ahora a considerar otro aspecto de la física. La llamada física de la materia condensada: el estudio de los estados de la materia en que los átomos están muy próximos entre sí e interactúan simultáneamente con muchos vecinos. Es una área de investigación básica que busca dar una explicación detallada de propiedades y fenómenos en que intervienen muchos cuerpos. Aspectos de par-



titular interés son sus propiedades eléctricas, ópticas, magnéticas, mecánicas y térmicas. También la física de los núcleos atómicos entra como un capítulo de la física de muchos cuerpos.

En realidad, hoy se engloban con el nombre genérico de materia condensada temas que estaban bajo la denominación genérica de física del estado sólido. La física de la materia condensada es responsable de la mayor revolución tecnológica en la historia del hombre, pues es a partir de investigaciones en esta área que surgieron los transistores, los circuitos integrados, los microprocesadores, etc.

Mientras que en la década del 50 los estudios estaban limitados a los sólidos cristalinos, ahora se investigan materiales amorfos, polímeros orgánicos y líquidos. En los últimos años se han producido importantes descubrimientos que llevaron a sendos premios Nobel como el efecto Hall cuántico, los superconductores de alta temperatura, la teoría de los fenómenos críticos y el microscopio de tunelamiento.

La interpretación de los nuevos fenómenos requiere cada vez más el uso de técnicas originadas en la teoría cuántica de campos lo que ha inducido a

muchos físicos de teoría de campos a incursionar en el área de la materia condensada (estudios de magnetismo, en particular) y viceversa.

Al unificarse los métodos y las ecuaciones, se unifican también las ideas. Por lo mismo, en un resumen a vuelo de pájaro no puede dejar de mencionarse la introducción de conceptos topológicos en la física. En especial, desempeñan un papel de gran importancia en las ecuaciones no-lineales: clasifican los espacios funcionales de las ecuaciones no-lineales y están llamados a revolucionar muchas ideas que hoy se consideran casi definitivas. Los métodos topológicos adquirirán gran trascendencia en el próximo siglo con la *deslinearización* de la Física.

Fotónica

La óptica no-lineal es una disciplina en pleno desarrollo, muy bonita conceptualmente, con muchas aplicaciones tecnológicas. Existe una impresión bastante generalizada de que la fotónica sustituirá a la electrónica, no sólo en las comunicaciones, como ya está ocurriendo, sino también en la microelectrónica, donde el descubrimiento (cuando ocurra) de un amplificador fotónico permitirá aumentar mucho la velocidad de un computador usual. Esto es un objetivo a largo plazo. Mientras tanto, vamos a asistir a la sustitución del cobre por las fibras de vidrio en la transmisión de las comunicaciones.

Ciencia de materiales

A este capítulo pertenece también la llamada ciencia de los materiales, cuyo desarrollo va a tener un gran impacto en el comercio internacional al aumentar la demanda de algunas materias primas y disminuir la de otras (cobre, por ejemplo).

Hoy en día se están desarrollando aleaciones especiales que soportan temperaturas muy altas como el material de los motores de los jets. Al aumentar la temperatura se incrementa la eficiencia del ciclo termodinámico. Esto permite mayores velocidades del avión, lo que, a su vez, influye en la naturaleza del material de construcción del avión.

En los últimos años ha causado verdadera conmoción el descubrimiento de los superconductores de alta temperatura. Hasta 1986 sólo se conocían superconductores que operan a temperaturas muy próximas al cero absoluto, a las cuales únicamente se llega por liquefacción del helio (4 K). Como el helio es muy raro en la naturaleza, este procedimiento es muy caro y todas las ventajas que se derivan de la resistencia nula de los superconductores desaparecen. Pues bien, ese año se encontró que ciertas aleaciones de bario y cobre son superconductoras a temperaturas del orden de la liquefacción del nitrógeno líquido (80 K) con la ventaja que el nitrógeno es mucho más abundante que el helio. Además, el haber dado un salto tan grande en la temperatura apta para la superconductividad hace volar la imaginación y pensar ya que será posible fabricar hilos superconductores a temperatura ambiente y, ahí sí, las consecuencias tecnológicas y sociales son imprevisibles. Se ha conseguido superconductividad a temperatura cercanas al cero centígrado, pero esa propiedad no es estable en los compuestos encontrados. Debemos esperar novedades importantes en este campo en el futuro inmediato.

Física de plasmas

La física de plasmas estudia los movimientos de partículas cargadas bajo los efectos de campos electromagnéticos propios y externos. Uno de los principales atractivos de esta física es que con su dominio se espera llegar al reactor de fusión, a través del confinamiento. Los plasmas se encuentran también en la alta atmósfera que rodea a la tierra (anillos de Van Allen) y su estudio es muy importante en el campo de las comunicaciones. También es importante el estudio de los plasmas que se producen en las descargas eléctricas. De ellos se derivan importantes aplicaciones.

La primera conferencia internacional sobre física de plasmas y fusión controlada tuvo lugar en Ginebra en 1958, iniciándose desde entonces una intensa colaboración internacional sobre el tema. La emergencia de los *tokamaks* en los fines de la década del 60 los hizo considerar como fuertes candidatos para un reactor de fusión y contribuyeron al crecimiento de los programas de fusión. Los

programas en ésta area en EUA, Europa y la ex URSS implican billones de dólares anuales. Estas *botellas magnéticas* han acumulado gran cantidad de datos experimentales y fenómenos nuevos, cuyo análisis requiere el uso de modelos numéricos que demandaron el uso de computadores ultrápidos al límite de su capacidad.

Desgraciadamente, en este campo están involucradas también motivaciones militares. Si se consigue confinar plasmas será posible fabricar bombas materia-antimateria de mayor potencia que las convencionales, sin pasar por la potencia nuclear. Este hecho, en el presente estado de confrontación del mundo a través de guerras pequeñas, tiene el mayor significado estratégico-militar.

La física latinoamericana

En América Latina la física comenzó a desarrollarse con apoyo oficial masivo sólo después de 1945. Antes de esto hubo esfuerzos aislados de instituciones, como el caso de Argentina, en 1908, con la fundación del Instituto de Física de la Plata por un alumno de Nernst, el Dr. Emilio Bosc, o en Brasil cuando el Prof. Gleb Wataghin fue contratado en 1934 para realizar tareas de investigación en física en la Universidad de Sao Paulo. El apoyo gubernamental masivo vino después de 1945 con la creación de Consejos Nacionales de Energía Atómica. Es claro que la década del cincuenta estuvo dominada fundamentalmente por el estudio de la física nuclear. Parecía en ese entonces que la energía nuclear era la panacea universal y cualquier tipo de física que no fuera nuclear parecía de segunda categoría.

En ese entonces se estimuló enormemente el desarrollo de la física cuántica y de la física nuclear de bajas energías, tanto teórica como experimental. Se crearon laboratorios que fueron los primeros centros avanzados de formación de físicos experimentales y técnicos calificados. En muchas universidades se dieron también esfuerzos ponderables en otros campos, como la espectroscopía molecular, la mecánica estadística y la física del estado sólido. Pero se subestimó el desarrollo de físicas clásicas macroscópicas como la mecánica de los fluidos y la óptica. Se puede decir que la gran

mayoría de los físicos de América Latina trabajaba en física nuclear, altas y bajas energías; los físicos teóricos trabajaban en modelos nucleares o diagramas de Feynman. Muy pocos trabajaban en mecánica estadística o en física de sólidos. En esas condiciones comenzó a funcionar la Escuela Latinoamericana de Física (ELAF), que representó el primer esfuerzo programado de colaboración en la región. Sus cursos fueron y son un nexo entre los intereses presentes y los futuros. En sus programas se incluyeron temas que surgían en el ámbito internacional y que se consideraba interesante desarrollar en América Latina.

Al principio hubo gran peso de las ciencias nucleares. Esto no quiere decir que no hubiera ya en esa época grupos importantes trabajando en física experimental de sólidos, mecánica estadística y óptica geométrica. Sí los hubo, pero eran grupos aislados que no llegaron a representar una política científica. En esos años, del 40 al 60, se trabajó en teoría y en experimentación. No pueden dejar de señalarse las contribuciones en el campo de los rayos cósmicos (experimentales) o, en la década del 20, trabajos importantes sobre la dependencia del día-magnetismo con la temperatura, los métodos ópticos en astronomía, el efecto termoelectrónico, el descubrimiento del mesón XXX, contribuciones a teoría cuántica de campos, etc.

En los años 60 comenzó un desarrollo masivo, y en gran parte programado, de la física de sólidos. Se enviaron grupos de jóvenes físicos a hacer doctorados en las mejores universidades europeas y norteamericanas. A su regreso constituyeron los focos iniciales de grupos de investigación con amplio apoyo oficial, en particular de los Consejos Nacionales de Investigación Científica creados en todo el continente en las últimas décadas.

No hubo, desgraciadamente, un estímulo semejante para la mecánica de fluidos o para la geofísica o biofísica. No lo hubo en general para las interdisciplinas. Vemos que en la última década la física de partículas comienza a perder su *etno*. Incluso se dio el caso de universidades que decidieron no aceptar físicos de partículas o de teoría de campos. Sin embargo, el gran impacto que los métodos de teoría de campos tuvieron años después en la teoría de los fenómenos críticos y en el

magnetismo llevó a los institutos más avanzados a revisar esa política de proscripción de campistas.

En la década del 70 comenzó también la generación en gran escala de físicos del espacio. Se advirtió la enorme importancia económica, educacional y política de toda la física relacionada con satélites. Se generó así un fuerte apoyo oficial no sólo por parte de los consejos de investigación, sino en la creación de proyectos específicos relacionados con el uso de satélites.

En la década del 90 será necesario encontrar un equilibrio razonable entre la investigación básica y la aplicada. Si bien es cierto que América Latina no ha alcanzado todavía un desarrollo satisfactorio de las ciencias básicas y que sin ello no puede haber un desarrollo pleno de las ciencias aplicadas, también es cierto que debe guardarse una proporción adecuada en los esfuerzos que apuntan en una y en otra dirección. No es razonable tener cientos de físicos trabajando en problemas de cosmología, gravitación y teoría cuántica de campos y no contar con cinco físicos oceanógrafos o especialistas en predicción del tiempo. Ello representa una distorsión que si nosotros no tratamos de corregirla desde el ámbito científico, se hará (y en la forma menos agradable y eficiente) desde afuera.

Perspectivas

Nos preguntamos hoy qué es lo que tenemos en América Latina y qué debemos hacer en un futuro inmediato. Tenemos pocos pero muy buenos laboratorios de física nuclear de bajas energías que sirven de excelentes escuelas de físicos experimentales y técnicos de todo tipo, muchos de los cuales —tal vez la mayoría— se dedican a otros temas cuando pasan a la industria o su labor es interdisciplinaria. Esos laboratorios representan en estos momentos un capital humano precioso que debe ser intensamente aprovechado en la formación de investigadores jóvenes. Hay laboratorios espaciales con físicos de muy buena formación, con equipos muy buenos y en número creciente. Todos estos laboratorios deberán ser aprovechados al máximo con un espíritu cooperativo entre todos los países de la región, ya que ellos implican inversiones del



Dr. A. Comejo, Dr. A. Zepeda, Dr. J.J. Giambiagi, Dr. F. Sánchez Sinencio y Dr. W. Ponce.

orden de los cientos de millones de dólares que no deben superponerse. Colocar un satélite en el espacio requiere más de cien millones de dólares, lo que muestra la absoluta necesidad de un esfuerzo conjunto.

La física ha catalizado la formación de grupos de especialistas en computación de alta calidad y eso será cada día más importante en el desarrollo de la informática, la robótica y la inteligencia artificial, temas que deberán tener un desarrollo intenso en los próximos años si no queremos mantenernos en estado subordinado respecto a los países del primer mundo.

En partículas y campos existe ya tradición en América Latina y hay grupos que trabajan en un primer plano internacional en condiciones de autonomía y madurez para orientar jóvenes a un doctorado de nivel europeo o americano. Esta situación también se extiende a los grupos ya citados de física espacial, nuclear, magnetismo, mecánica estadística y materia condensada. Esta es una circunstancia que se debe tener en cuenta. Dada la devaluación del dólar respecto a las monedas europeas y de las nuestras respecto al dólar, resulta cada vez más prohibitivo enviar a jóvenes a hacer el doctorado en Europa y cada vez más caro hacerlo en EUA. Es imperativo en este momento histórico usar al máximo nuestras propias capacidades de crear doctores y de ese modo fortalecer y consolidar nuestros propios grupos de investigación.

Eso contribuirá —no poco— a evitar la fuga de cerebros de la región ya que el estudiante queda en general muy ligado a la institución que lo doctoró. Creo que esto es una de las medidas de política científica más importante que deberá, a mi juicio, ser tomada por los consejos de investigación en un futuro inmediato

Hay otro tipo de actividad que creo que debe ser impulsado agresivamente y es lo que actualmente intento hacer como director del Centro Latinoamericano de Física. Hay fenómenos naturales de enorme importancia económica para el área como el ciclón. Este fenómeno meteorológico es el principal determinante de las inundaciones desde California a Tierra del Fuego y Recife. El problema tiene también un gran interés científico y académico en el campo de la mecánica de fluidos. Asimismo, la mecánica de los fluidos de medios porosos tiene gran importancia en la recuperación secundaria de pozos petrolíferos. En este campo también la física de superficies tiene mucha aplicación. Debemos estimular la colaboración entre los países que directamente se beneficiarán de estos estudios. Lo mismo puede decirse de la física del suelo, cuya importancia es cada día más visible.

La biofísica ha tenido bastante desarrollo en los últimos años, pero no lo suficiente. Y ello es cierto tanto en el plano puramente académico como en el de las aplicaciones. La física médica es sin duda un campo de gran aplicación, inclusive profesional. El accidente nuclear de Goiania, segundo en importancia después del de Chernobyl, muestra la urgente necesidad de contar con un equipo numeroso de físicos-médicos de alta competencia que asesoren a los gobiernos y a las instituciones públicas y privadas en el manejo y control de instrumentos con radioactividad a fin de evitar la repetición de accidente análogos.

Merece destacarse la presencia de laboratorios de bajas temperaturas, así como de cristalografía. Los primeros fueron el lugar donde los físicos se familiarizaron con las ideas corrientes de superconductividad. Los segundos fueron consecuencia

del desarrollo de los estudios de metalurgia y de biología molecular. Con el descubrimiento de la superconductividad a altas temperaturas, estos laboratorios estuvieron en condiciones de acompañar desde muy cerca los primeros desarrollos, repetirlos con pocos días de atraso y de publicar trabajos en las mejores revistas. Esta es una circunstancia excepcional en la historia de la tecnología. Aparece una nueva tecnología que puede afectar enormemente la vida de la sociedad humana y el tercer mundo está en condiciones de entrar como productor y generador de tecnología. Aquí es imperativa la colaboración estrecha de todos los institutos latinoamericanos, así como de los entes gubernamentales encargados de generación y distribución de energía.

La situación es muy diferente de lo que fue en su momento el surgimiento de la energía atómica. El tercer mundo estaba excluido de antemano de esa tecnología. No tenía nivel académico, capital humano ni financiero para un emprendimiento de tanta magnitud. Si ahora sumamos nuestras posibilidades podemos entrar en la carrera modesta pero de manera competitiva.

Quiero referirme al problema de educación sobre el cual hay grupos muy activos y creo que no exagero diciendo que se está influyendo mucho en el nivel de enseñanza secundaria y contribuyendo sensiblemente a mejorarla. En las universidades debemos perfeccionar las técnicas para enseñar con alto vigor grandes masas de estudiantes, ya que ello influirá no sólo en los estudiantes de física, sino también de biología, ingeniería y química.

¿Qué podemos decir del número de físicos en América Latina? Actualmente hay algo así como dos o tres mil físicos con artículos publicados en revistas de prestigio internacional. Es un número muy pequeño para todo lo que hay que hacer en los próximos años. Pensando de manera realista, este número podría multiplicarse por tres o por cuatro hacia fines de siglo, un número todavía pequeño si pensamos que la ciencia va a desempeñar un papel cada vez más importante en la sociedad humana. Teniendo en mente los programas nacionales de planeación, creo que es realista pensar en 10 000 doctores científicamente activos

para fines de siglo. Diez mil físicos que cuesten en sueldos unos cien millones de dólares al año. Si incluimos el gasto en infraestructura y equipo, debemos luchar para conseguir aproximadamente mil millones de dólares por año para la física en toda Latinoamérica. Pero debemos ser más ambiciosos en cuanto al número y a la calidad de los científicos que debemos formar. Las universidades serán los instrumentos esenciales de cualquier política de transformación seria en América Latina. Sin ciencia no hay progreso verdadero. Sólo hay pseudo progreso. Sin duda, los presupuestos para la ciencia deberán ser comparables a los presupuestos militares. Las universidades deben ser las instituciones de transformación de la sociedad latinoamericana.

Se debe perseverar para que en los grandes proyectos energéticos nacionales —sean hidroeléctricos, termoeléctricos, nucleares, o de energía solar— se incluya un porcentaje del mismo dedicado a investigaciones básicas en área afines. Es necesario desarrollar una política que asegure empleo y un presupuesto mínimo de los laboratorios para que los investigadores permanezcan en América Latina, y es necesario crear en ellos un alto grado de responsabilidad social.

Otro aspecto importante a decidir en el futuro inmediato en el campo de la física es una política de publicaciones. Llegó la hora de tener una revista latinoamericana de física de alto nivel y de circulación en el hemisferio norte. Un estudio preliminar indica que hay demanda para una revista de comunicaciones rápidas (*letters*). Pero esa es una responsabilidad conjunta que deben asumir los físicos de América Latina.

En resumen, tenemos un desafío por delante, que requiere agresividad, inteligencia y mucho trabajo. Tengo confianza que las probabilidades de éxito sean altas.



XXV Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana

Xalapa, Veracruz, del 27 de septiembre al 3 de octubre de 1992.

Cursos.

Conferencias de investigación y difusión.

Sesiones especiales de:

Estadística y el medio ambiente.

Física.

Inteligencia artificial.

Matemáticas e ingeniería

Ciclo de conferencias sobre la
enseñanza de las matemáticas.

Ciclo de conferencias de vinculación
con el sector productivo.

Talleres de cómputo.

Mesas redondas.

Actividades sociales y culturales.

Recepción de Trabajos:

Las solicitudes de registro de trabajos
se entregarán:

Personalmente a:

Laura Rincón Gallardo

CIMAT, Gto.

Ma. Eugenia Rodríguez o Rosa Sánchez

Instituto de Matemáticas, UNAM, D.F.

Hilda Villa

Facultad de Ciencias, UNAM, D.F.

Por correo:

XXV Congreso Nacional de la SMM

CIMAT

Apartado Postal 402

36000 Guanajuato, Gto.

Para Mayor Información:

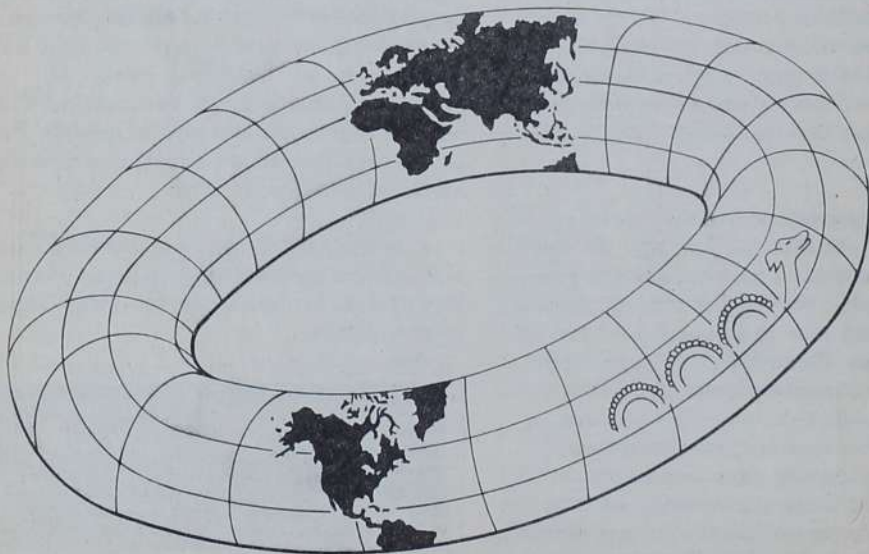
e mail: cimat@unamvm1.binet

Fax: (473) 257 49

Tel.: (473) 271 55

Fecha Límite de recepción de trabajos

15 de Julio de 1992.



Foro: el Sistema Nacional de Investigadores

Investigadores en las universidades de los estados

Luis Fernando Anaya Velázquez

Deseo referirme al artículo del Dr. Marcelino Ce-reijido sobre el Sistema Nacional de Investigadores (SNI).¹ Este artículo expone con claridad los problemas asociados a los criterios de evaluación del SNI. Sin embargo, hay algunos puntos que me gustaría comentar como investigador del SNI adscrito a una universidad de provincia.

Primeramente, en el artículo en cuestión se señala que los criterios de evaluación no pueden ser absolutos sino guías orientadoras para los evaluadores. No obstante, los criterios más generales parecen aplicarse con mayor facilidad a los investigadores adscritos a los grandes centros de investigación descentralizados y no a los que laboran en instituciones pequeñas y en las universidades de los estados.

Por ejemplo, se da mucha importancia (y la tiene) al número de las publicaciones y al índice de impacto de las revistas donde se publican. De la misma manera se asigna cierta prioridad de evaluación al número de citas que dichos artículos generen. Finalmente, la formación de recursos humanos a nivel de maestría y doctorado son elementos clave en la evaluación de la productividad del investigador. Todos estos criterios constituyen excelentes parámetros de medición considerando que todos los investigadores del país tienen el mismo acceso y oportunidad a los fondos disponibles que la Federación tiene asignados a la actividad científica. La realidad es que la asignación presupuestaria no sigue precisamente reglas científicas.



Muchas instituciones como la nuestra no tienen todavía un presupuesto para investigación. De hecho, la mayoría del presupuesto de las universidades estatales se canaliza al pago de la nómina. Por tal razón es muy necesario el apoyo de CO-NACyT o la SEP para realizar los proyectos de investigación. Sin embargo, aunque es deseable que se incremente la capacidad de gestión de las universidades para lograr mejores presupuestos, lo cierto es que la negociación no es pareja y usualmente las instituciones líderes del país consiguen apoyos extraordinarios para la ciencia que otras universidades no logran conseguir a pesar de solicitarlos. Posiblemente esta situación esté cambiando en la

El Dr. Luis Fernando Anaya Velázquez es investigador del Instituto de Investigación en Biología Experimental de la Universidad de Guanajuato, apartado postal 187, 36000 Guanajuato, Gto.

actualidad. Mientras tanto, el investigador en la provincia tiene el compromiso de hacer más con menos y la desventaja de ser evaluado en las mismas condiciones y con los mismos criterios que sus colegas de otras instituciones.

Un aspecto que parece no tomar en cuenta el SNI al evaluar a los investigadores de las universidades es que deben participar en la docencia a nivel de licenciatura. Dado que el contacto de los investigadores con los estudiantes podría servir para buscar y encontrar investigadores potenciales, la actividad docente a nivel de pregrado debería ser un aspecto meritorio de los investigadores, siempre y cuando no rebase cuatro horas frente a grupo a la semana (cuatro clases de una hora cada una por semana).

Definitivamente, los investigadores no debemos ni queremos *secuestrar* estudiantes para obligarlos a ir al laboratorio, sino que tenemos que invertir tiempo en orientarlos y dirigirlos en una tesis experimental que sea realizada con el rigor y calidad científicos requeridos. En ocasiones se requiere que el trabajo continuado de varios estudiantes se derive en una publicación. Lo anterior involucra tiempo, muchas veces medido en años.

Con respecto a la formación de recursos humanos a nivel de posgrado, el SNI parece considerar sólo al investigador formador como aquel con quien el estudiante de posgrado realiza su tesis. No se califica la aportación que realizan otros investigadores durante el periodo de cursos formales que toman los estudiantes antes de realizar su tesis (usualmente de maestría). Estos cursos son impartidos por investigadores, por lo que debería de tomarse en cuenta su participación. Otro aspecto importante es que aunque el investigador desee formar nuevos investigadores, en ocasiones los estudiantes no llegan a su laboratorio debido a que son pocos los candidatos a obtener el grado y muchos los lugares disponibles en los laboratorios para que realicen su tesis. Así, el SNI podría tomar en cuenta este hecho para no juzgar la aparente falta de capacidad formativa del investigador.

Además, muchos investigadores de las universidades carecemos de personal de apoyo o auxiliar. En ocasiones este personal existe pero es de

medio tiempo. Esta es otra de las razones para aceptar estudiantes de la licenciatura que colaboren en la realización paulatina de los proyectos de investigación.

En relación al número de citas de los trabajos publicados, tal criterio de evaluación es de uso universal pero tiene la desventaja de que no considera el impacto de la investigaciones en el medio social y productivo. En tal circunstancia, los investigadores podríamos decidir no publicar en las revistas nacionales o regionales, lo que tiene como consecuencia que posiblemente nuestras contribuciones sean conocidas fuera del país y sean desconocidas aun dentro de la institución donde se trabaja. Por lo anterior, una propuesta podría ser que el SNI valore a los científicos que *además* de publicar sus resultados en revistas de prestigio también deseen publicar en revistas de difusión o información actualizada para profesionales o con fines educativos a nivel de licenciatura y posgrado.

Otro aspecto que me parece fundamental en la evaluación de los investigadores, en particular para los que estamos en las universidades de los estados, es que se considere el *nivel de responsabilidad* en las investigaciones realizadas. Es evidente en muchos casos que un auxiliar de investigación y el jefe inmediato de éste no tienen las mismas funciones en un día típico de trabajo, aunque ambos sean investigadores. De hecho, el jefe del laboratorio debe, además de realizar ciertas investigaciones, proporcionar asesoría a sus estudiantes, colaborar con otros colegas, asistir y presentar seminarios, elaborar informes y reportes diversos, dar clases a nivel de licenciatura y posgrado, asistir a juntas y reuniones de trabajo, hacer los protocolos y solicitudes de fondos para los proyectos del laboratorio y escribir las comunicaciones de los resultados de las investigaciones. Por supuesto existen auxiliares muy competentes que también pueden realizar lo anterior, pero esto no es la regla en las instituciones de provincia. Derivado de la evaluación por producción directa, se ha dado el caso que el auxiliar esté en el SNI y no su jefe inmediato a pesar de que ambos aparecen en las mismas publicaciones.

Dado que ahora el SNI está estimulando el ingreso al mismo de los estudiantes de doctorado

(magnífica idea), quizá también es tiempo de que se revisen los criterios puntuales para evaluar el progreso científico de cada uno de los estereotipos de científico que pueden pertenecer al menciona-

do SNI. Es de esperar que si el SNI continúa estimulando a todos los investigadores a que sean más productivos, la ciencia mexicana será mejor cada día.

Los efectos desnaturalizados del SNI

Ideas para una necesaria polémica con Marcelino Cerejido y/o el SNI

María de Ibarrola

Todo investigador sabe que las acciones o las investigaciones que intencionalmente realiza tienen efectos más allá de los deseados o los programados. Mientras más complejo y ambicioso sea el programa, mayores serán los efectos colaterales o, inclusive, los desconocidos.

En la teoría sociológica el sentido negativo de algunos de estos efectos fue descrito por Robert K. Merton, quien desde la década de los cincuenta, los llamó disfuncionales. En un trabajo mucho más reciente, Raymond Boudon² describe los *efectos perversos* de las acciones sociales. Efectos no deseados, desnaturalizados, que no conducen a ninguna síntesis que permita superarlos.

Tal vez por inclinación profesional, socióloga de la educación y del trabajo, me interesaron desde su creación dos aspectos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI): (a) los efectos del sistema sobre la formación de más y mejores investigadores; y (b) sus efectos sobre la profesionalización de la investigación. Recientemente desarrollé de manera amplia y documentada mis ideas al respecto³. En esta ocasión me interesa analizar la posibilidad de que el SNI tenga algunos "efectos perversos" de los que sería bueno percatarnos.

Entre los objetivos principales del SNI están sin duda el estímulo académico y el apoyo económico a los investigadores en activo, tanto a los de "calidad notable como a los que se inician en la carrera de investigación", el incremento del número de investigadores y el impulso a la eficiencia y calidad de la investigación.

Un análisis de la manera sencilla como opera el SNI permite concluir con facilidad que el estímulo y el apoyo a los investigadores es de dos tipos: (i) moral, a través del reconocimiento público nacional a la calidad y eficiencia del trabajo desempeñado que se expresa en el nombramiento de "Investigador Nacional", distinción tan honorífica o más que la de investigador titular o investigador emérito; (ii) económico, a través de un estímulo económico de dos a siete salarios mínimos adicionales "al salario o a cualquier otra compensación". En ambos casos el estímulo es individual; sería difícil, además, decidir cuál de los dos es más importante o genera más beneficios al investigador, ya que dependerá de aquello que más necesite éste en el momento del nombramiento.

En mi opinión el estímulo económico es actualmente indispensable pero, esperemos, prescindible. Las becas del SNI, a pesar del artículo del Acuerdo de su creación que declara que de ninguna manera se "considerarán como un salario o como contraprestación por un servicio prestado", son en realidad un complemento al gravísimo deterio-

La Dra. María de Ibarrola es profesora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav.

ro del salario de los investigadores, denunciado en su oportunidad por diferentes asociaciones de investigadores. Por contrapartida, son también un argumento del gobierno federal para no aumentar sueldos o modificar las categorías salariales de los investigadores.

En cambio, el estímulo moral tiene efectos menos coyunturales; en el caso de la investigación, que regularmente tiene escaso reconocimiento social, estos estímulos resultan invaluable en términos de la profundidad con que inciden en la decisión del investigador de continuar con mayor impulso el desempeño de su trabajo.

Lo que interesa deslindar es la naturaleza diferente, pero mezclada de manera perversa, de los dos estímulos otorgados. Este deslinde resulta aún más importante cuando se recuerda que el estímulo económico aparece claramente supeditado "a la existencia y disponibilidad de la partida presupuestaria correspondiente, de acuerdo al principio de anualidad del presupuesto". O sea que el estímulo moral del SNI podría haber nacido supeditado a la disponibilidad de partidas presupuestales que permitan al gobierno federal sostener, de la manera menos onerosa, su compromiso de apoyo a la investigación en el país.

Es indudable que quienes hemos recibido la distinción de ser nombrados Investigadores Nacionales nos hemos beneficiado enormemente. La satisfacción moral y el incremento en los ingresos no son los únicos beneficios. Son ya evidentes otros beneficios en cascada: el *efecto Mateo* que identificó Merton haciendo alusión a una parábola del Evangelio (a quienes más tienen más se les dará). Los investigadores nacionales tenemos preferencia para apoyos tanto económicos como morales por sobre compañeros que seguramente no hacen investigación con calidad y eficiencia, porque de otra forma serían Investigadores Nacionales, ¿o no?

Pero, hasta la fecha, los criterios con los cuales las Comisiones Dictaminadoras del SNI califican calidad y eficiencia son confusos: se tienen que interpretar a partir del formato curricular solicitado; por su parte los parámetros de aceptación, rechazo o promoción son desconocidos. Las decisiones de las Comisiones, avaladas por el Consejo Directivo,

simplemente aprueban o rechazan una solicitud, sin posibilidad de apelación y sin aclarar en ningún caso las razones que las justifican.

Hasta la fecha es una incógnita por qué, por ejemplo, una persona que tiene el grado de maestro, menor de 35 años de edad y "está activo en la investigación", no sólo en su opinión sino en la de investigadores que la recomendaron, como lo señala el Reglamento, no es aceptada como candidato, a pesar de que dedica a la investigación su mejor responsabilidad profesional. ¿En dónde radica su deficiencia, su error o su desorientación profesional si es el caso?

¿Por qué alrededor del 50% de quienes han solicitado su ingreso al SNI en diferentes momentos ha sido rechazado? ¿Cuáles han sido los efectos de este rechazo sobre la decisión de miles de investigadores de continuar o no desempeñando esta función o, en todo caso, de simular que la desempeñan al tiempo que buscan los estímulos morales y económicos mediante otras actividades o en perjuicio de los programas de la institución de adscripción?

¿Y qué pasa con las promociones dentro del Sistema? ¿Cómo sabe un investigador en qué medida la investigación que estuvo realizando no es ni apreciable ni consistente, o no es suficiente en calidad y originalidad o los especialistas que formó no son tales según los criterios de los que hacen "buena investigación" (los de las Comisiones)? ¿En cuánto tiempo alcanza un investigador la productividad requerida o cumple con las exigencias (desconocidas) de los siguientes niveles como para no llegar a la conclusión personal de que posiblemente su máxima capacidad ya no merece ser premiada? O lo que es peor, ¿por qué en el lapso de tres años puede un investigador expresar un descenso tal en su vida productiva que amerita (según las Comisiones) descender también de nivel de distinción? La única información que recibe el solicitante es un número romano inapelable y un "tómelo o déjelo".

A donde quiero llegar con estas consideraciones es a uno de los posibles *efectos más perversos* del SNI: la *descalificación* como investigadores de la mayoría de quienes intentan realizar investi-

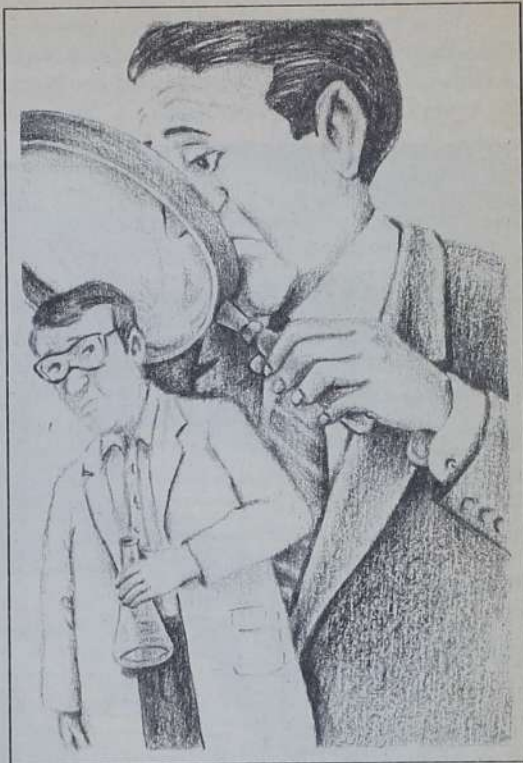
gación en el país, o inclusive de quienes fueron originalmente reconocidos como investigadores de calidad.

Hasta qué punto el SNI pondera o toma en cuenta las condiciones tan adversas en las que se realiza la investigación en el país: una inadecuada o insuficiente formación continua de los investigadores, el incipiente desarrollo de muchos campos de investigación, la inmadurez de muchas instituciones de investigación, por no mencionar la tan trillada "falta de recursos".

Pero más importante aún es saber de dónde supone el SNI que se podrá "incrementar el número de investigadores en activo" si no es entre aquéllos que ya están realizando investigación de algún tipo en sus instituciones, sobre todo en las de educación superior. Aun la muy valorada formación escolar de posgrado (de preferencia en el extranjero) no es suficiente por sí sola como lo reconoce el propio SNI. La formación en activo resulta entonces trascendental.

Como bien se ha señalado, la normatividad del SNI tiene una aceptación generalizada. Pero no sólo para calificar, también para descalificar, y la descalificación de muchos investigadores en potencia se puede estar dando por razones muy ajenas a la naturaleza, la calidad y la eficiencia de la investigación, e incluso más ajenas a la contribución de distintos campos del conocimiento al desarrollo nacional. Se puede estar dando por estrechez de criterios acerca de lo que se califica como calidad. Peor, también se puede estar dando por una política miope que en vez de reconocer la necesidad de apoyos integrales y a largo plazo, se limita a regatear, sin compromiso de continuidad, partidas presupuestales anuales; para justificarse le achaca a muchísimos investigadores honestos la culpa de ser investigadores que ni tienen "calidad ni tienen eficiencia"; no merecen por tanto ni el estímulo moral ni el económico.

Ante estas posibilidades existe una responsabilidad muy seria para los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (aquéllos que no están descalificados como investigadores y que, por ende, tendrán criterios adecuados sobre lo que es la investigación y las maneras de promoverla), y en

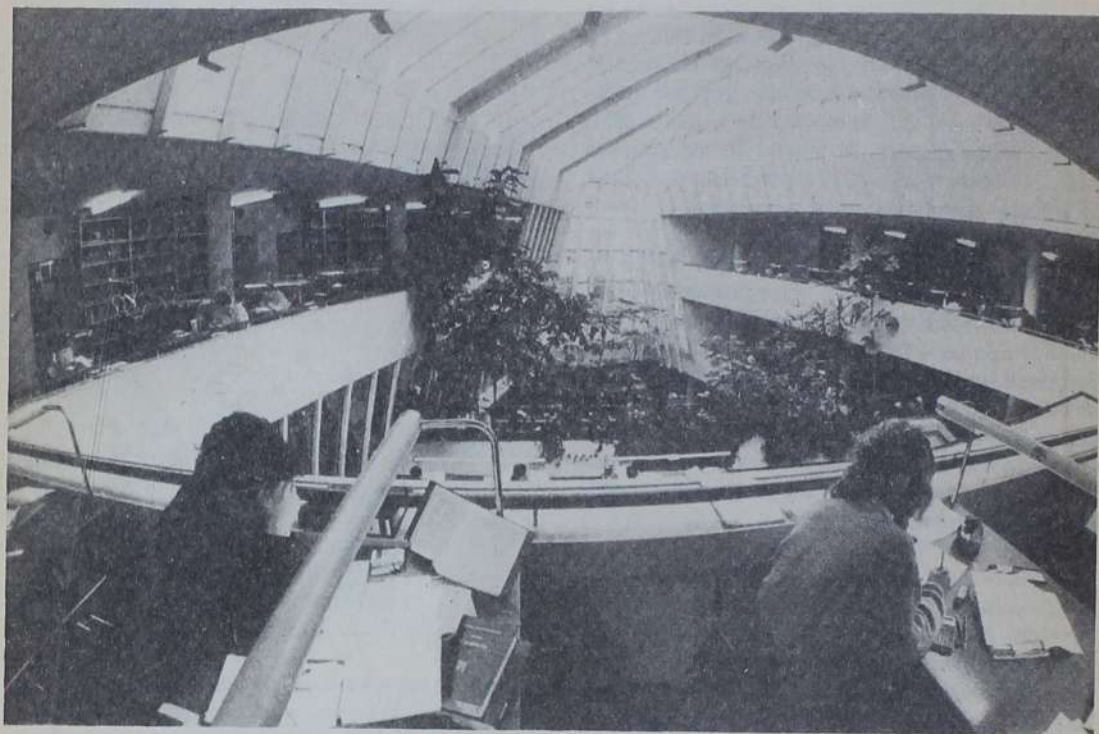


particular para las Comisiones Dictaminadoras. No sólo es de elemental justicia, es de mínima eficiencia ante los objetivos buscados especificar los criterios que usan para calificar la investigación. Es indispensable que éstos se conozcan y se discutan de manera que efectivamente sirvan de fomento a la investigación. Es de elemental justicia y de mínima eficiencia indicar a los investigadores rechazados las razones precisas de esta decisión, para que se convierta en una emulación y una guía efectiva de superación.

Lo anterior sería una responsabilidad inmediata. A largo plazo el hecho de que muchos investigadores aceptemos los estímulos del SNI no descarta la discusión acerca de si lo que requiere el fomento a la investigación en el país es que muy pocos investigadores se benefician individualmente con una beca, que conlleva un proceso brutal de selección y que será apenas suficiente por períodos sujetos a la inflación o a la disponibilidad de partidas presupuestales.

¿Es la investigación una actividad profesional indispensable para el desarrollo del país, que como tal requiere ser reconocida y promovida con políticas a largo plazo y mediante sueldos y prestacio-

nes laborales adecuados?, ¿o aceptaremos que es una actividad superflua y prescindible, que sólo se desarrolla por la buena voluntad, inapelable por tanto, de un Estado Mecenaz?



Un artículo claro

Yoav Basham

Tuve la oportunidad de leer el excelente artículo del M. Cereijido¹ sobre el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Por iniciativa de uno de nuestros estudiantes se discutió en el "Club de revistas" de nuestro departamento con el fin de estimular la reflexión sobre el papel del SNI en el impulso de la investigación en México.

Como nuevo miembro del SNI (Investigador Nacional Nivel III) apenas si tenía idea de cómo trabajan sus comisiones dictaminadoras y cuáles son los criterios de evaluación en el sistema. Me parece que el artículo de Cereijido enfatiza todos los puntos que estamos impulsando en el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur para que nuestra institución sea un centro de investigación de mejor calidad. Aún tenemos que recorrer un largo camino antes de que esta meta se cumpla. Un artículo tan claro como el de Cereijido puede ayudar a convencer a nuestros investigadores y estudiantes a mejorar su desempeño.

El Dr. Yoav Basham es jefe del Departamento de Microbiología del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, Apdo. postal 128, 23000 La Paz, B.C.S. Esta carta fue traducida por la redacción.

El SNI: un sistema perfectible

Marcelino cerejido

Antes de comenzar creo prudente hacer algunos comentarios: (1) Me encanta que la información vertida en mi artículo haya dado pie a este intercambio de opiniones, pues nos ayuda a todos a orientarnos con respecto al SNI. Pero, tal como lo hice en aquel artículo, debo recordar una vez más que los colegas que han tenido la amabilidad de escribir no están argumentando "ante el SNI", ni recibiendo respuestas de sus funcionarios, sino enterándose de mis opiniones. Más aún, como expresé en el artículo y constatarán ustedes más abajo, a pesar de ser evaluador del área biomédica, yo mismo tengo mis propias objeciones a los esquemas actuales del SNI. (2) Mientras los comentarios de los doctores Anaya y Basam están provocados por mi artículo, los de la doctora Ibarrola se desprenden de uno suyo que había sido publicado con anterioridad³; eso hace que plantee puntos de los que ya me ocupé. Así y todo, vuelvo a bosquejar una breve respuesta-comentario. (3) En el texto que sigue, los tres lectores que enviaron cartas son identificados por las siglas AV, YB y Mdel, y yo por C.

(AV) "...los criterios más generales parecen aplicarse con mayor facilidad a los investigadores adscritos a los grandes centros..."

(C): Todo investigador es evaluado por su capacidad y producción *personal*; entre los miles de solicitudes e informes que ayudé a procesar, no conozco un solo caso en el que se haya aceptado o promovido a un investigador por el hecho de estar en un centro determinado. Por el contrario, he oído frecuentemente el argumento: "Trabaja en un lugar alejado y poco dotado" para favorecer a alguien cuya producción no resultaba del todo satisfactoria.

Sin embargo, sospecho que tu tienes razón: los investigadores de los grandes centros parecen estar

mejor calificados. Y digo *parecen* porque la cantidad no indica nada: habría que inventar algún índice del tipo *actividad específica*, algo así como clasificados/presentados o bien (investigadores en el SNI)/(número total de investigadores). Pero aún en caso de ser real la tendencia que tu adviertes, habría que ver si los investigadores resultan mejor calificados cuando están en un gran centro, o si, por el contrario, un centro es grande porque tiene investigadores mejor calificados.

(AV): "Muchas instituciones como la nuestra no tienen todavía un presupuesto para investigación (...) la mayor parte del presupuesto (...) se canaliza al pago de la nómina". (Mdel): "Hasta qué punto el SNI pondera o toma en cuenta las condiciones tan adversas en las que se realiza la investigación".

(C) Además de su tarea específica de investigar, un científico socialmente responsable debe tratar de esclarecer ante su universidad que apoyar la investigación no es una obra de beneficencia hacia él, sino que en los albores del siglo XXI la sociedad que permanece en la ignorancia se condena a la miseria y arriesga su libertad. Ahora bien, agotado ese primer esfuerzo por convencer, el científico debe tener presente que es investigador *en tanto investiga*: si no puede hacerlo, cualquiera sea la causa, no puede pretender que se le pague por una actividad *que no realiza*. Así como un investigador *profesional* está obligado a saber elegir el fotómetro, el contador, la óptica y las ecuaciones que se requieren para trabajar en su campo, debe saber elegir un lugar de trabajo adecuado y estar consciente que cuando elige uno en el que no puede desarrollar sus proyectos, una de tres, cambia de proyecto, cambia de lugar o se atiene a las consecuencias.

Creo que, a la larga, las autoridades de las diversas instituciones se irán convenciendo de que la investigación es una empresa seria y compleja y, si

El Dr. Marcelino Cerejido es profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

quieren tener investigadores en serio, no basta con que lo declaren en los actos públicos, sino que deben esforzarse por crear las condiciones necesarias.

Y ahora quitémosles a estas consideraciones el sabor a vaguedad que dejan las generalidades: recientemente, el departamento en el cual trabajo no estuvo en condiciones de absorber a tres de sus más brillantes investigadores que regresaban de una experiencia posdoctoral en el exterior. Desafortunadamente, a pesar de la sensibilidad y comprensión de colegas y autoridades, no se pudo conseguir el dinero que se requería para instalarles cuartos de cultivo y comprar un sistema de procesamiento de imágenes que, todos estuvimos de acuerdo, eran imprescindibles para sus proyectos. Tampoco el departamento tuvo espacio para ubicarlos. Por el contrario —y por suerte— el Instituto

de Fisiología Celular de la UNAM contaba con los recursos necesarios y evitó así —entre otras cosas— que los tres se marcharan del país. Me pregunto si acaso hubiera sido preferible que dichos investigadores mostraran su gratitud quedándose a rumiar su frustración en nuestro departamento y, dentro de diez años, cuando fueran separados del SNI, ofrecieran la excusa de que habían carecido de recursos.

(AV) "...se ha dado el caso que el auxiliar esté en el SNI y no su jefe inmediato, a pesar de que ambos aparecen en las mismas publicaciones".

(C) En primer lugar, una jefatura no añade —ni quita— mérito alguno a la calidad de un investigador. Por otra parte, un total de tres trabajos en buenas revistas generalmente configuran un currículum aceptable si se trata de un joven doctor de 29 años, pero en cambio pueden revelar una productividad inaceptable en uno de 50.

(Mdel) "...el efecto Mateo".

(C) Conozco el "efecto Mateo" a que se refiere Robert K. Merton, lo que en cambio no me queda claro es el contexto en que lo mencionas.

(Mdel) "...los criterios (...) son desconocidos".

(C) Espero que una re-lectura del artículo en el que intento aclararlos te resulte informativa.

(Mdel) "¿Por qué alrededor del 50% de quienes han solicitado su ingreso al SNI en diferentes momentos ha sido rechazado?"

(C) A juzgar por el material que incluyen en sus solicitudes, un gran número de investigadores cree cándidamente que las jefaturas, la participación en comisiones, la actuación de sinodal, la elaboración de informes o proyectos o de guías de trabajos prácticos, las labores administrativas, los artículos periodísticos, el haberle dado varias vueltas al globo para acompañar a personajes, el haber representado a su institución en una comisión de la SEP, estado en un sinnúmero de congresos internacionales, el haber organizado un simposio al que se invitó a cinco o diez personajes internacionales, el haber insertado en la revista interna de su



propia institución una que otra estadística de cuántos estudiantes se habían ido graduando año con año, y haberlas ilustrado con primorosos pasteles en el que los sectores representaban ya las edades, ya la procedencia de los muchachos, ya sus especialidades científicas...son en sí tareas de investigación original. Las comisiones del SNI no suelen considerarlas así.

Por eso opino que los artículos y debates como el presente pueden ayudar a orientar a nuestra comunidad.

(Mdel) "La formación en activo resulta entonces trascendental".

(C) Totalmente de acuerdo. Pero la tarea de formar investigadores es una función esencialmente académica; no me queda claro por qué se la atribuyen al SNI. Justamente, muchas instituciones parecen sentirse relevadas de sus responsabilidades de formar jóvenes y crear las condiciones necesarias para la investigación (bibliotecas, viveros, laboratorios, observatorios, talleres, auxiliares, viajes). Es como si dieran por supuesto que cuando sus investigadores necesitan equipos y materiales se trata de un asunto exclusivo del CONACYT, y cuando necesitan sueldos se los deben solicitar al SNI (que, dicho sea de paso, no tienen seguridades sociales del tipo jubilación, seguros, vacaciones, etcétera).

Así y todo, el SNI no deja de colaborar *también* en ese sentido: al evaluar a un investigador, toma muy en cuenta su capacidad y eficiencia para formar discípulos.

(Mdel) "Es de elemental justicia y de mínima eficiencia indicar a los investigadores rechazados las razones precisas de esta decisión, para que se convierta en una emulación y una guía efectiva de superación".

(C) En principio estoy de acuerdo contigo. De hecho, le he dado mi opinión a más de un colega (rechazado o con dudas sobre si presentarse o esperar a fortalecer su currículum) toda vez que se ha acercado a mi laboratorio para solicitármela. Lo hice con el mismo espíritu con el que tú y yo nos hemos metido a ventilar aquí nuestros puntos de

vista. Pero temo que, para que se entienda por qué hay gente rechazada, habría que referirse a unos cuantos casos concretos. No me cabe ninguna duda que, además de aclarar, podríamos detectar fallas, quizás injusticias, señalarlas y ayudar así a perfeccionar al Sistema. Esa sería quizás una buena tarea para una segunda vuelta de este debate.

Más aún, para quitarme la molesta sensación de que al escribir el artículo que dio pie a esta discusión y al responder estas cartas me he metido en algo que *no* me corresponde, sugiero que se invite a otros evaluadores, quizás a algún funcionario del SNI o de la Academia de la Investigación Científica (que fue la que propuso la creación del SNI) para que me reemplace y se hagan cargo de las respuestas. Te aseguro que, personalmente, estoy muy interesado en enterarme de sus comentarios.

(YB) "...the paper ... emphasizes on all the points that we are here fighting for." ("...el artículo ... enfatiza todos los puntos que estamos impulsando...").

(C) El SNI tiene fallas y podría mejorar, qué duda cabe, pero no hay que olvidar que ha sido creado con la intención de ayudar a que los investigadores trabajemos feliz y eficientemente. Esa meta la vamos a lograr cuando coincida lo que el SNI es, lo que puede ser y lo que queremos que sea. Obviamente, para alcanzarla tenemos que analizarlo y discutirlo, hacer sugerencias, y aprender a vivir con las dificultades cuando nos convenecemos de que las posibilidades del país no llegan a lo que necesitamos o queremos.

Comentario final: He dicho más arriba que tengo mis propias objeciones al SNI. Aquí va una: Siento que el SNI ha sido involuntariamente injusto con nuestros amados maestros. Se trata de personas que han logrado crear laboratorios de la nada, que empezaron a investigar cuando nuestras universidades eran meras escuelas profesionales, o que consiguieron como lugar de trabajo el cuarto para trastos viejos de algún hospital, que no tenían dinero para la investigación, bibliotecas, viveros, talleres inada!, pero fueron lo suficientemente abnegados y pujantes como para acabar generando cristallitos sobre los que crecieron los actuales cen-

tros de trabajo. La mayoría de los países latinoamericanos tiene su Luco, su Rosenblueth, su Houssay, su Estable, su Monje, su Chagas, pero por cada uno de estos prohombres que acabó por ser reconocido, hubo decenas de otros que tras dedicar la mitad de su magro salario a la suscripción de revistas y a la compra de sustancias químicas, no lograron salir del anonimato y continuaron en la pobreza, escribiendo en revistas fundadas, escritas, corregidas y costeadas por ellos mismos; que tuvieron discípulos que hoy se siguen ganando la vida y formando gente con lo aprendido con el viejo maestro, pero que rara vez se acuerdan de él. Es a estos viejos maestros a quienes me refiero aquí.

Esos maestros rumiaban sus ideas y resultados por años, hasta que les encontraban sentido; sólo publicaban cuando tenían algo significativo que decir y no fragmentaban su contribución en veinte articulillos, como se suele hacer hoy en día. El año pasado revisé una solicitud (no era para el SNI) de un profesor de Houston, que en los últimos tres años había publicado 46 (léase cuarenta y seis) artículos *in extenso*, además de unos ochenta y tantos *abstracts*, cada uno firmado por diez o doce autores.

Hasta hace poco tiempo, muchos de esos viejos maestros seguían trabajando felices en nuestras instituciones, eran una fuente de conocimientos, consejos y anécdotas, y daban las clases más formativas porque en ellas explicaban cómo se había ido desarrollando tal o cual tema y cómo se fueron gestando los modelos que hoy vertebran nuestros conocimientos.

De pronto, su sociedad les cambia las reglas de juego y pasa a medirlos por parámetros que en sus épocas nadie usaba. Cuando yo era estudiante de medicina, un jurado para elegir profesor de clínica descalificó a uno de los concursantes porque tenía casi un trabajo semanal, argumentando que ello probaba lisa y llanamente su falta de seriedad y profundidad científica, y alegando que era peligroso que una persona así tuviera a su cargo la formación de jóvenes profesionales.

Hoy varios de nuestros maestros, los que echaron las bases científicas e institucionales para

que nosotros trabajemos andan por los rincones humillados e ignorados, sin medios para investigar, sin sueldos para subsistir, pues, como mencionamos antes, sus instituciones se han desentendido de los sueldos dignos para sus científicos. No es que no estén acostumbrados a trabajar en la adversidad, pues fue así como comenzaron; lo grave es que esta vez la adversidad somos nosotros, sus discípulos.

Notas

1. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva*, 10 (1991) 324.
2. R. Boudon, *La desigualdad de oportunidades* (Laia, Barcelona, 1983).
3. M. de Ibarrola, "La formación de investigadores en México. Invitación al debate", *Avance y Perspectiva*, Núm. 29 (1986) 86, Núm. 33 (1988) 3.





noticias del centro

El Cinvestav se integra a los Centros SEP-CONACyT



Escultura de Manuel Sandoval Vallarta localizada en la entrada del nuevo edificio del CONACyT (escultor: O. Ortiz Gris).

Con motivo de la reciente fusión de la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) a la de Hacienda y Crédito Público (SHCP), el CONACyT quedó incorporado a la Secretaría de Educación Pública (SEP) como cabeza del sector científico adscrito hasta entonces a la SPP y SEP. Dentro de esta nueva estructura, 32 instituciones de investigación se integran como el núcleo de Centros SEP-CONACyT y estarán coordinados a través de una nueva dirección adjunta del CONACyT —la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico, Tecnológico y Regional—; el Dr. Alberto Ruiz Moncayo quedó a cargo de ella. El Cinvestav es la institución con el mayor número de investigadores y estudiantes de posgrado dentro de los Centros SEP-CONACyT. Otras instituciones consideradas en este núcleo son: El Colegio de México; Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE); Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE, Tonanzintla, Pue.); Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT, Guanajuato, Gto.), Centro de Investigación en Óptica (CIO, León, Gto); Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY, Mérida, Yuc.); Colegio de la Frontera Norte (Tijuana, B.C.).

Dentro de la misma reestructuración SHCP-SPP, el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) será administrado por el CONACyT y su nuevo Secretario Ejecutivo es el Dr. Miguel José Yacamán, Director Adjunto de Investigación Científica del CONACyT.

Notas Breves



El Premio Príncipe de Asturias 1992 en ciencias fue otorgado al **Dr. Federico García Moliner**, investigador del Consejo Superior de Investigación Científica de España con sede en Madrid. El premio fue concedido en reconocimiento a sus aportaciones al estudio de la física de superficies y materia condensada. Se le considera el fundador de la actual escuela de investigadores españoles dedicados a esta especialidad de la física. El Dr. García Moliner ha colaborado desde 1985 con el **Dr. Rafael Baquero**, profesor titular del Departamento de Física del Cinvestav, y el **Dr. Raúl A. Brito Orta**, profesor titular del Instituto de Física de la UAP.



El **Dr. Arnulfo Zepeda**, profesor titular del Departamento de Física del Cinvestav, fue elegido nuevo presidente de la Sociedad Mexicana de Física (SMF) para el bienio 1992-1994. Es la primera ocasión en que un físico del Cinvestav ocupará dicho cargo. La SMF fue fundada en 1940 y cuenta con alrededor de 1000 socios activos, lo que la hace la sociedad científica más numerosa en México. Edita tres publicaciones científicas: la *Revista Mexicana de Física* (bimestral), el *Boletín de la SMF* (cuatrimestral) y el *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física* (anual). El Dr. Zepeda tomará posesión de su nuevo cargo en octubre próximo, durante la celebración del XXXV Congreso Nacional de la SMF en Puebla, Pue., del 26 al 30 de octubre.

Graduados entre los meses de marzo y abril de 1992

Maestros en Ciencias

Roberto Ruiz Medrano. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología molecular. 27 de abril. Clonación y caracterización del cDNA de una proteína de jitomate inducida durante la infección por el viroide de la planta macho del jitomate. Asesor: Dr. Rafael Francisco Rivera Bustamante. Continúa su doctorado en la Unidad Irapuato del Cinvestav.

Josefina Gutiérrez Martínez. Maestra en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 7 de abril. Diseño y desarrollo de un sistema de procesamiento digital para el análisis espectral de señales biológicas. Asesor: M. en C. Pablo Rogelio Hernández Rodríguez. Es investigadora en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía de la SSA.

Carlos Alvarado Serrano. Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 7 de abril. Desarrollo y construcción de un sistema de monitoreo de las fuerzas verticales de reacción de tierra producidas durante la marcha. Asesor: Dr. Lorenzo Leija Salas. Es auxiliar de investigación en el Cinvestav.

Marco Antonio Pérez Flores. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 24 de marzo. Implantación de operaciones booleanas sobre sólidos representados con una estructura basada en aristas. Asesor: M. en C. Feliú Davino Sags Troncoso. Se integró a la planta de investigadores del IMP.

Ricardo Marcelín Jiménez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 3 de abril. Protocolo de control de llamada para RDSI. Asesor: M. en C. Carlos Edgardo Hirsch Ganievich.

David Leija Díaz. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 7 de abril. Sistema operativo XINIX con manejador de disco duro e impresora. Asesor: M. en C. Jorge Buenabad Chávez. Se incorporó a PEMEX.

José Raúl Isidro Quintero Ramírez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 28 de abril. Traducción de textos en español para su aplicación a dBASE. Asesor: Dra. Ana María Antonia Martínez Enríquez.

Juan antonio Guardado Pérez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisicoquímica. 20 de marzo. Una microbalanza de osciladores de cuarzo para la determinación de entalpías de sublimación por el método de efusión de Knudsen. Asesor: Dr. Luis Alfonso Torres Gómez. Es jefe del Departamento de Química del Tecnológico de Ecatepec.

Mario Alberto Siordia Grave. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisicoquímica. 27 de marzo. Termodinámica y cinética, de la corrosión del estaño en ácido d-tartárico. Asesor: Dr. Omar Solorza Feria. Se integró a la planta de profesores de la UAS.

María Azucena Mendoza Herrera. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 25 de marzo. Evaluación de la variabilidad genética de dos variedades de maíz tropical de polinación abierta utilizando los marcadores RFLP's. Asesor: Dra. June Kilpatrick Simpson. Es investigadora auxiliar en la Unidad Irapuato del Cinvestav.

David Warren Ruiz Márquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 30 de abril. Una introducción a las ecuaciones de Maxwell. Su génesis y la enseñanza actual de la teoría electromagnética en las escuelas de ingeniería. Asesor: M. en C. Francisco Cordero Osorio.

Doctores en Ciencias

Jaime García Mena. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 12 de marzo. Polynucleotide phosphorylase, *sib* and gene expression. Asesores: Dra. Silvia Cecilia Irene Montañez Ojeda y Dr. Asis Kumar Das. Continúa su entrenamiento posdoctoral en la Universidad de Connecticut, EUA.

Pedro González Mozuelos. Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 16 de marzo. Estructura estática de suspensiones coloidales inhomogéneas. Asesor: Dr. Magdaleno Medina Noyola. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el Cinvestav.

Hortensia Gertrudis González Gómez. Doctora en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 18 de marzo. Modulación supraespinal de la inhibición recurrente presináptica de los anfibios. Asesores: Dr. Pablo Rudomín Zevnovaty y Dr. Ismael

Jiménez Estrada. Se integró a la planta de investigadores de la FC-UNAM.

Javier Zaragoza Castellanos Ramos. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de Plantas. 6 de abril. La fijación biológica de N₂ en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de sequía. Asesor: Dr. Juan José Peña Cabrales. Se integró a la planta de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.

XV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA BIOMEDICA MORELIA '92

Organizado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica

INSTITUTO TECNOLOGICO DE MORELIA

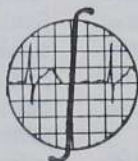
Morelia Mich.

21 al 25 de septiembre de 1992

INFORMACION GENERAL

M. C. Ernesto Suaste Gómez
Depto. de ingeniería Eléctrica
Bioelectrónica-CINVESTAV
Av. I.P.N. No. 2508
Col. Zacatenco, México, D.F., C.P. 07000
Tel. 752-06-77 (Ext. 3705 y 3700)
Fax: 586-62-90

Dr. Rodolfo Gonzáles Garza
Coordinación de Ingeniería Electrónica
Instituto Tecnológico de Morelia
Av. Tecnológico No. 1500
Col. Lomas de Santiaguito
Morelia Michoacán. C.P. 58120
Tel. (451) 2-15-70 (Ext. 151)
Fax: (451) 2-16-43

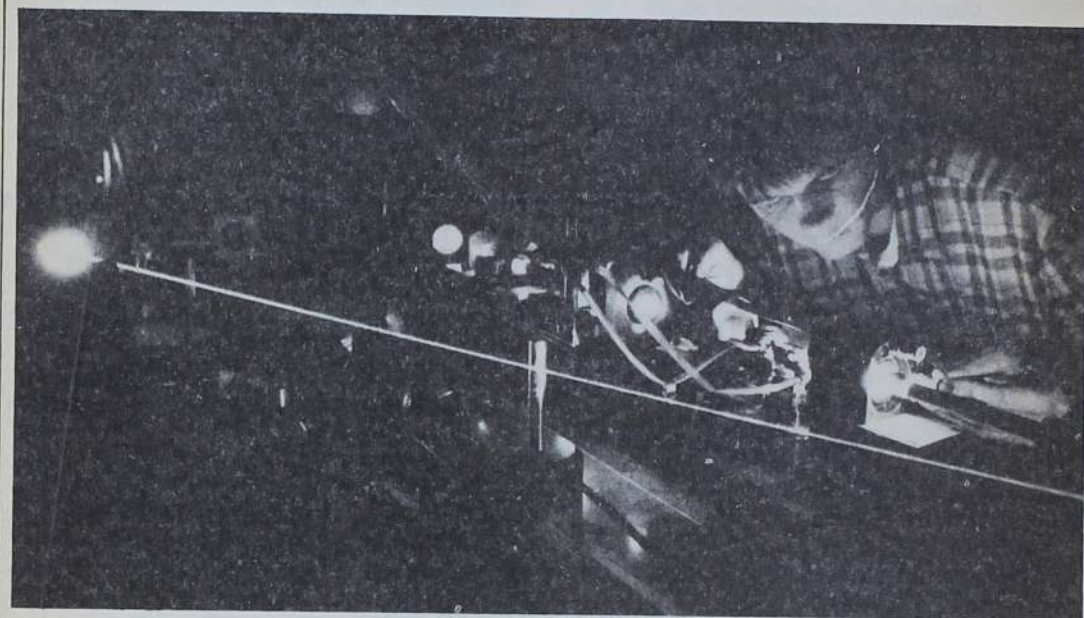


Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica

Instituto Tecnológico de Morelia

Innovaciones Educativas

El reto de la enseñanza de la Física



Roman Castro Rodríguez

La motivación para abordar este tema surgió a raíz de mi experiencia como profesor del curso de física que impartí a nivel bachillerato en la Universidad Autónoma de Yucatán. Mi propósito es presentar algunos comentarios sobre la enseñanza y el aprendizaje de la física a nivel bachillerato.

Como es bien sabido, la enseñanza ha sido siempre el medio más importante para transmitir el caudal de conocimiento de una generación a otra. En particular, la enseñanza de la física está en re-

volución constante en todo el mundo para satisfacer las demandas de la revolución científica y tecnológica. La tendencia actual es terminar con la enseñanza dogmática y conectar la física a las necesidades reales y actuales.

La física ha invadido numerosas ramas del conocimiento: la ingeniería, la biología, la química, la fisiología, etc. Por ello resulta indispensable conocer sus leyes fundamentales. Además, la física es una parte esencial de la cultura universal y es una de las disciplinas que mejor permite ilustrar lo esencial del método científico: observación, hipótesis, experimentación, modelos teóricos, siempre sujetos a nuevas comprobaciones y experimentaciones. Este proceso, aplicable a todas las ciencias es, tal vez, lo fun-

El M. en C. Roman Castro Rodríguez es investigador auxiliar en el Departamento de Física Aplicada de la Unidad Mérida del Cinvestav y desarrolla su programa de doctorado en el Departamento de Física del mismo Cinvestav.

damental a rescatar en la enseñanza de la física y es, por lo tanto, un verdadero reto.

El método de enseñanza-aprendizaje más importante en cualquier disciplina está integrado por aquello que impele al alumno a una actuación real, y detrás está la motivación que lo cimienta. Este criterio general se acentúa en áreas como la física, en las que de nada sirve la memorización de las definiciones o fórmulas. Por ello, pese a las dificultades asociadas a los cursos masivos, no debe dejarse de tomar en cuenta.

No es tarea fácil describir en forma resumida los criterios de la metodología que debiera seguirse en la enseñanza de la física, pero es útil poner en discusión algunos métodos de enseñanza para plantear aportes concretos en cada uno de los temas a enseñar. Por principio, no es conveniente aplicar un método único en la enseñanza de la física, pues su utilización estará condicionada por otros factores, como son el tema a enseñar, la preparación de los alumnos y otras circunstancias. En seguida menciono algunos de los métodos que, a mi juicio, valdría la pena señalar.

Método inductivo-deductivo

Mediante el método inductivo se puede proponer leyes a partir de las observaciones y mediciones de los fenómenos naturales. En el método inductivo intervienen fundamentalmente la observación y experimentación, condicionadas por factores personales e instrumentales y por el carácter estadístico de las mediciones efectuadas. Por este método se puede obtener, por ejemplo, la ley de Hooke al observar que los cuerpos elásticos se alargan por la acción de fuerzas. Se puede montar un experimento sencillo que permita medir el alargamiento de un muelle bajo la acción de distintos pesos y al estudiar los resultados experimentales generalizamos por inducción que los "alargamientos que experimenta un cuerpo elástico son proporcionales a las fuerzas aplicadas" (ley de Hook).

Utilizando un método deductivo podemos obtener consecuencias lógicas de una teoría. Por ejemplo, los principios de la dinámica son en realidad postulados que admitimos, de los que deduci-

mos consecuencias que se comprueban experimentalmente *a posteriori*.

Método analítico-sintético

Con este método se pueden estudiar por separado las partes de un todo; por ejemplo, cuando se estudia la dilatación de los gases al aumentar la temperatura. Sabemos que el fenómeno físico consiste en general en una variación de la presión y del volumen, pero el estudio de todo este fenómeno no es fácil de realizar. Para ello estudiamos la variación del volumen con la temperatura a presión constante, y la variación de la presión con la temperatura a volumen constante. De modo que hemos descompuesto el fenómeno en fenómenos parciales, y una vez estudiados, los resumimos en un esquema coherente (método sintético). Las síntesis que podemos obtener de esta manera pueden tener un grado de generalidad muy elevado, de modo que pueden resumir y relacionar las principales partes de la física.

Método heurístico

El método heurístico representa un redescubrimiento de nuevos conceptos físicos por parte del alumno, lo que exige que todas las actividades se empleen como medio para que el propio alumno elabore sus conocimientos. En este método el alumno investiga para descubrir las leyes que rigen los fenómenos físicos. Por ejemplo, si queremos estudiar qué sucede con el peso de los cuerpos cuando se introducen en los líquidos, se le indica al alumno que relacione el peso de un cuerpo en el aire y el obtenido al sumergirlo en un líquido con el volumen del líquido desalojado. Se le sugiere que haga esta experiencia con cuerpos distintos y líquidos diferentes, y si como resultado de todas estas experiencias deduce que "el empuje que experimenta un cuerpo que se introduce en un líquido es numéricamente igual al peso de líquido desalojado", podremos aceptar que el alumno ha redescubierto en términos heurísticos el teorema de Arquímedes.

Método analógico

Se fundamenta este método en las analogías que presentan algunos fenómenos físicos; por ejemplo, las acciones gravitacionales y las eléctricas, que

nos permiten predecir que la fórmula de Coulomb sobre la fuerza ejercida entre dos cargas eléctricas situadas a una determinada distancia tiene que presentar una expresión matemática análoga a la fórmula de Newton de la gravitación universal. Este método puede ser empleado también en estudios técnicos de mayor trascendencia; puede estudiarse así la transmisión del calor a través de un cuerpo mediante el estudio del comportamiento de un determinado circuito eléctrico, en el que las medidas pueden realizarse más comodante y con gran precisión.

Método histórico

Otras cuestiones físicas pueden explicarse adecuadamente utilizando un método histórico, exponiéndolas tal como fueron tratadas por científicos anteriores. Por no citar más que dos ejemplos, pueden estudiarse con esta óptica las hipótesis sobre la constitución del átomo y el fenómeno de la combustión.

La experimentación

La física es una ciencia experimental, su enseñanza requiere destacar este aspecto y es recomendable mostrar los principios de la física no como dogmas, sino con demostraciones o experiencias sencillas que permitan obtener resultados cuantitativos. El método no difiere demasiado del que se sigue en una investigación real; observación del fenómeno, experimentación adecuada, interpretación de datos experimentales, y deducción, lógica o estrictamente experimental, de su correspondiente ley. Este proceso científico es el más adecuado para aprender, a cualquier nivel.

La realización de experimentos enriquece la experiencia personal del alumno; proporciona solidez y realidad a la ciencia adquirida; desarrolla la iniciativa del alumno; agudiza su sentido crítico; se adquiere una mayor habilidad manual y sentido de interpretación de medidas; se logra una mayor retención de conocimientos y, finalmente, contribuye a un mejoramiento del trabajo de equipo.

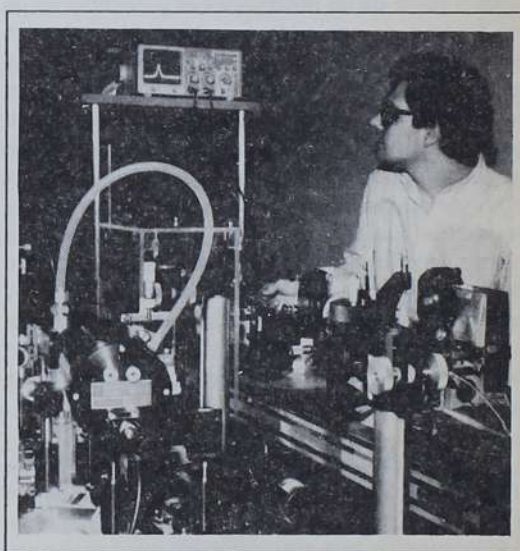
Por otra parte, en los salones de clases, al presentar fórmulas o ecuaciones matemáticas de

los modelos que describen el fenómeno físico, es conveniente indicar la diferencia entre los criterios físicos y las consideraciones matemáticas o de cálculo, además de las características y órdenes de magnitud de los resultados que se desea obtener, consideraciones de simetría, etc.

Es conveniente asimismo dar una idea elemental de los límites de validez en el dominio de la física clásica y preparar las bases para conceptos más generales que irán surgiendo en cursos más avanzados como los de campo, momento, conservación, causalidad, relatividad, etc.

Por su parte, la resolución de problemas tiene como objeto afianzar los conceptos teóricos, relacionar la teoría con las aplicaciones, buscar soluciones de situaciones reales de la física. No son convenientes los ejercicios de mera aplicación de fórmulas o de recetas, sino fundamentalmente los que permiten la mejor comprensión del significado físico de esas relaciones matemáticas.

El síntesis, los problemas y los experimentos deben concebirse con una pregunta central: ¿Qué se busca que aprenda el alumno con ellos?, y los criterios de evaluación, calificación y el tipo de examen deben estar relacionados con el logro de esos objetivos.



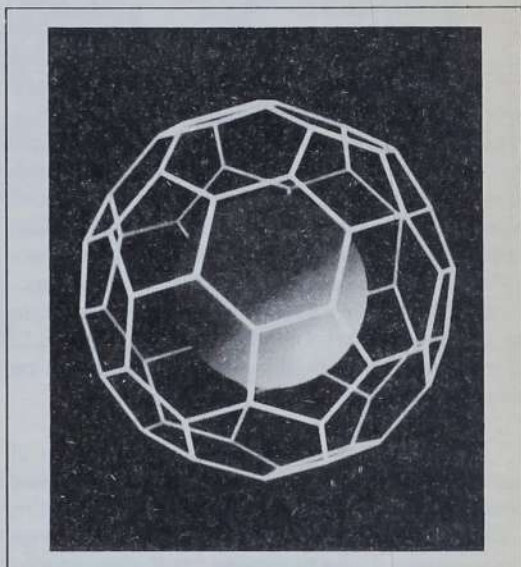
Avances de Ciencia y Tecnología

El grafito, el 4 de septiembre y el diamante.

Robert Wolf

Esta historia comienza en 1978. Habíamos trabajado durante años en la química del fósforo y buscábamos en la literatura indicaciones sobre la posible existencia de moléculas con un enlace triple entre un átomo de fósforo y otro de carbono del tipo $\text{HC}\equiv\text{P}$, equivalente fosforado del ácido cianhídrico ($\text{HC}\equiv\text{N}$), que por ser inestable se le considera atípico. En este contexto, tuvimos muy en cuenta las contribuciones de Harold Kroto, de la Universidad de Sussex en Brighton, quien había logrado muchas *primicias* en este campo. Su entusiasmo por desarrollar la astroquímica, es decir, el estudio de la formación y la naturaleza de las moléculas que nacen en condiciones siderales e intersiderales, es notable. No he olvidado la lectura cautivante de una de sus monografías: *Moléculas metaestables en el laboratorio y en el espacio*.¹ Vamos a encontrar el nombre de este autor en una aventura que durante los últimos seis años ha enriquecido el conocimiento de la química del carbono de una manera totalmente inesperada, a pesar de que el carbono es sin duda el elemento más estudiado. Para progresar en el conocimiento de las moléculas metaestables es indispensable contar con aparatos extraordinariamente sofisticados y eficaces.

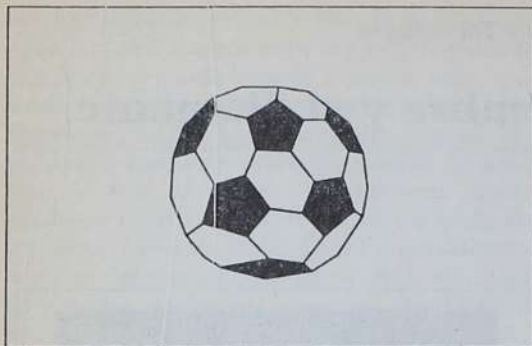
En particular, para obtener conglomerados o cúmulos de átomos, es decir, paquetes de átomos entre algunas decenas y algunas centenas, es necesario primero vaporizarlos al estado de átomos libres. En un tiempo muy breve, éstos se recombinan para dar precisamente las estructuras desconocidas que se quiere descubrir. La detección de estos agregados se hace midiendo la masa de las partículas formadas en un espectrómetro de masas.



El profesor Samlley, junto con su grupo de la Universidad Rice en Houston, fue el constructor y era por tanto el experto en aparatos de este tipo. En el otoño de 1985 programó algunos experimentos sobre la vaporización del carbono con Kroto. Uno de ellos consistía en vaporizar con un láser una pastilla de grafito en una corriente de helio. Sin entrar en detalles, el 4 de septiembre de 1985 se encontraron las mejores condiciones experimentales que permitieron descubrir en un espectro constituido por un bosque de picos dos agregados notables que contenían 60 y 70 átomos de carbono, el primero de ellos mucho más intenso. Queraba explicar por qué se formaba en particular el agregado de 60 átomos de carbono. ¿Por qué sesenta? ¿Cuál era su estructura?

El Dr. Robert Wolf es director de investigación del CNRS, Universidad Paul Sabatier Toulouse, Francia. Su campo de investigación es la química de fósforo. Traducción de Rosalinda Contreras y Carlos Chimal.

En efecto, el grupo de cinco investigadores² tenía la capacidad científica para no dejar escapar la



oportunidad que se presentaba. Después de animadas discusiones en modelos de cartón y en bocetos arquitectónicos³, propusieron una estructura análoga a un balón de fútbol con sus doce pentágonos negros y sus 20 hexágonos blancos, que en el diseño de sus costuras converge en 60 puntos de conectividad 3, es decir, cada punto se dirige a tres direcciones. A los químicos sólo nos quedaba probar que era posible dibujar sobre este diseño la alternancia de enlaces simple y dobles que se encuentra en los sistemas aromáticos. ¡Eureka, funcionaba!

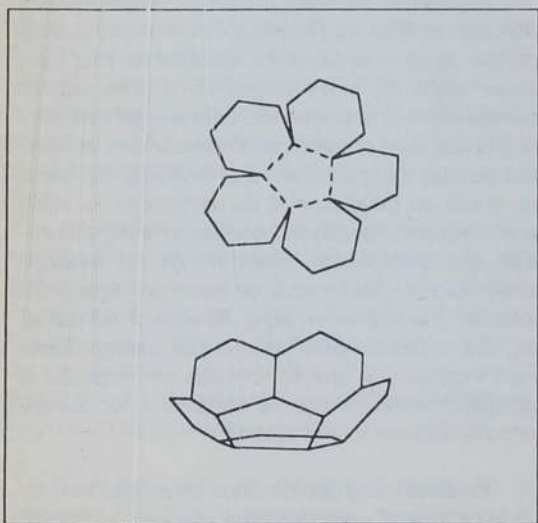
El artículo de menos de dos páginas en el que se relataba el descubrimiento², ya entusiasta sobre desarrollos futuros, llegó al editor de *Nature* el 13 de septiembre de 1985. El nombre de pila de este soberbio objeto molecular fue Buckminsterfu-

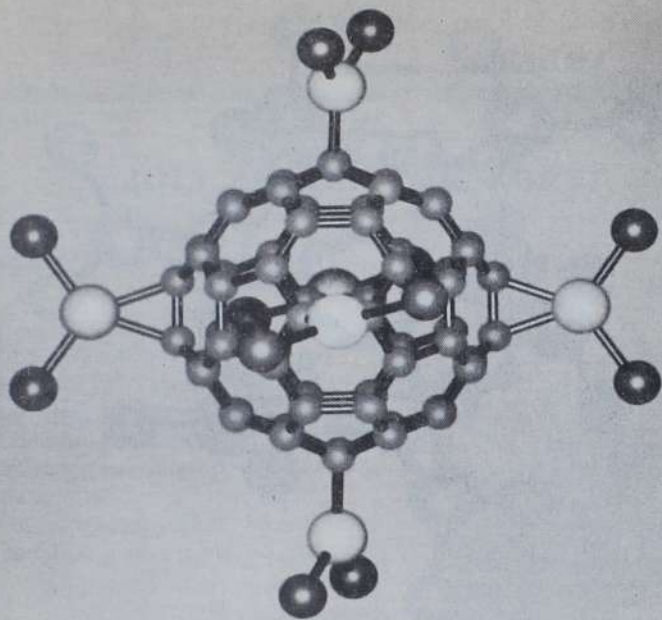
lereno, inspirado en el apellido del arquitecto norteamericano que ha construido domos geodésicos semejantes a esta estructura. En términos cualitativos, podemos hacernos una idea sobre cómo se construye este poliedro. Si se considera en un plano una flor con un caliz formado por un pentágono regular, rodeada de cinco pétalos hexagonales, se nota que los hexágonos no se tocan; para ello se deben plegar doblando por la línea punteada y llevarlos fuera del plano. Se obtiene así una especie de jícara que anuncia la estructura que tendrá al C₆₀.

A propósito de esta jícara, es asombroso recordar que el matemático Euler (1707-1783) había demostrado que en un enrejado de hexágonos la presencia de 12 errores pentagonales obligaba a la estructura a cerrarse. Este es uno de los aspectos más extraordinarios del descubrimiento del C₆₀; efectivamente los agregados de esferas huecas formados de centenas de átomos han sido descubiertos y existe la posibilidad de obtener agregados dentro de los agregados, por ejemplo C-60 dentro de un C-240. Se hubieran podido llamar estos agregados moléculas de Euler, pero es cierto que este sabio universal tiene ya sus ángulos (ángulos de Euler), su círculo (círculo de Euler) su conjetura, su constante, su criterio, su ecuación, su fórmula, el problema de los 36 oficiales... Aceptemos fulerenos en vez de eulerenos.

Este artículo de 1985 era suficiente para afirmar que, al lado del grafito y del diamante, existe una tercera variedad alotrópica del carbono. Tiene 60 átomos de carbono, dispuestos sobre los 60 vértices de un icosaedro truncado (tal es el nombre científico de la bola que, si hemos de ser precisos, se trata de un poliedro de 32 caras). Este descubrimiento era además notable por otros dos aspectos:

- materializa la imaginación surrealista de algunos químicos que habían previsto la existencia de C₆₀,
- inaugura una línea muy original en la cual nadie podía prever nada. ¿Estábamos frente a un resultado puntual, sin porvenir verdadero, o bien se abría un campo de investigación muy rico capaz de generar un cúmulo de resultados originales?





Estructura de la molécula $[(Et_3P)_2Pd]_6C_{60}$.

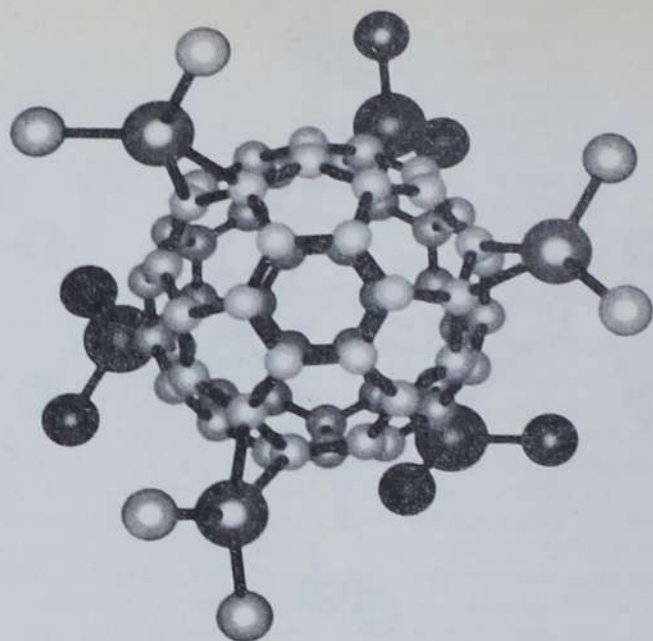
El tiempo ha demostrado esto último; los avances científicos se han desarrollado de tal manera que la revista *Science*, en su número del 20 de diciembre de 1991, consideró que el C_{60} fue la molécula del año. Sin compartir esta visión mediática, es claro que la lectura de la monografía de Kroto et al.⁴ y del ilustrativo artículo de Curl y Smalley⁵ demuestra que los fulerenos constituyen un nuevo campo, vasto y prolífico (un yacimiento gigantesco, como dicen los petroleros). Se tendrá una idea del desarrollo de este tema al notar que la monografía de Kroto et al.⁴, que reúne los resultados conocidos hasta principios de 1991, tiene 263 referencias. Verifiqué el 22 de enero de 1992 por computadora que hay cerca de 400 artículos detrás de la frase clave C_{60} y fulerenos. Prácticamente todas estas contribuciones son de una gran originalidad y permiten descubrir las propiedades inesperadas de esta familia de compuestos de carbono.

Si bien Kroto, Smalley et al.² caracterizaron el C_{60} en cantidades ínfimas (espectrometría de masas), más importante en los seis años de investi-

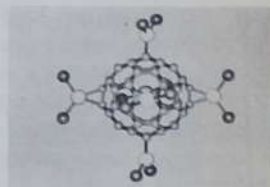
gación que siguieron fue sin duda el aislamiento y purificación de fulerenos C_{60} y C_{70} en cantidades macroscópicas. El mérito de este paso decisivo fue de Krätschmer et al.⁶ seguido por R. Taylor et al.⁷

El descubrimiento de los fulerenos tiene todo para gustar: imprevisto, estética, lleno de desarrollos exitosos y de potencialidades futuras.³ En fin, para cerrar la primera parte de esta aventura, acabamos de enterarnos que el aplastamiento brutal a muy altas presiones de C_{60} a temperatura ambiente da... ¿adivinen qué? ... ¡el diamante!⁸. Esta investigación se desarrolla en Grenoble y, además de los autores del artículo, se hace referencia a las contribuciones de Coulombeau y Rassat.

En suma, se debe tener mucha estima por Kroto, Smalley y sus colaboradores, pues supieron interpretar en su oportunidad, gracias a su calidad científica, un descubrimiento; motivaron a más de mil investigadores que hoy explotan este filón; y lograron entusiasmar e interesar a la comunidad química y al gran público en un descubrimiento inesperado.



Estructura de la molécula $[(Et_3P)_2Pt]_6C_{60}$.



Notas

1. Kroto, H.W., *Chem. Soc. Rev.*, **11**, 435 (1982).
2. Kroto, H.W., Heath, J.R., O'Brien, S.C., Curl R.F. y Smalley, R.E., *Nature* (Londres) **318**, 162 (1985).
3. Taubes, G., *Science*, **253**, 1476 (1991).
4. Kroto, H.W., Allaf, A.W. y Palm, S.P., *Chem Rev.* **91**, 1213 (1991) (263 ref.).
5. Curl, R. y Smalley, R., *Pour la Science*, N 170, 46 (1991).
6. Krätschmer, W., Lamb, L.D., Fostiropoulos, K. y Huffman, D., *Nature*, **347**, 354 (1990).
7. Taylor, R., Hare, J.P., Abdul-Sada, Ala's K. y Kroto, H.W., *J. Chem. Soc. Chem. Comm.*, 1423 (1990).
8. Nuñez Regueiro, M., Monceau, P., y Hodeau J.L., *Nature*, **355**, 237 (1992).



matices

Y allá arriba, ¿qué hay?

Jorge Hernández R.

—¿A quién llevamos y a quién servimos? se preguntó una célula que compartía las diarias tareas metabólicas con otras, para mantener en forma y activo a un gran organismo, al cuerpo humano. Y comunicaba sus preguntas y sus dudas por vía linfática o arterial a sus compañeras de otras poblaciones celulares, de otros órganos vecinos, lejanos, unas y otras le contestaban más o menos lo mismo.

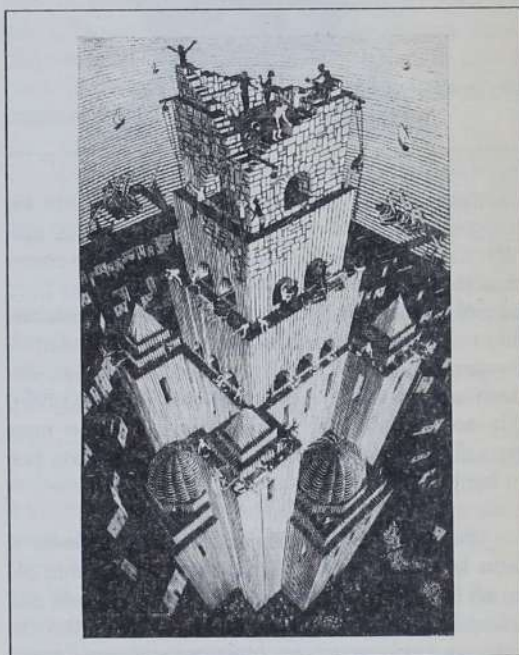
—Yo —decía la célula ósea—, cumplo con mis tareas de sostener y apoyar todas las acciones de este conglomerado.

—Y yo —agregaba el miocito— reacciono para que el cuerpo se mueva y se desplace.

Y por allá decía una célula de la sección beta del páncreas:

—Bueno, pues nosotras mantenemos activa la fábrica de insulina para ayudar a pasar energético a todas las demás.

Sin embargo, una pregunta permanecía en el aire: “¿y por qué, si lo apoyamos muy bien en todo lo que hace el individuo del que formamos parte no es mejor de lo que es? Puede sostenerse en pie y realizar los más finos y complejos movimientos. Le ayudamos a aprovechar los energéticos que ingiere; ¿qué es entonces lo que pasa?” De pronto, apareció en la escena una célula del hígado, el hepatocito, batallador metabólico y astuto

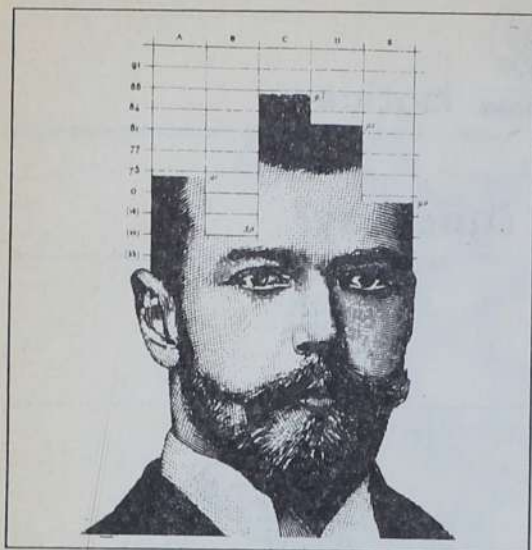


coordinador de diferentes trabajos químicos, como la destoxificación, quien dijo:

—Creo que el cuerpo idóneo que movemos y mantenemos en óptimo estado es mal conducido y mal aprovechado.

—Pero ¿quién es el responsable? —replicó el calcáreo osteocito.

—No sé —dijo alguien— sugiero que enviemos un encuestador a los otros territorios de este



organismo, para que pregunte la opinión de los colegas. Nos gustaría, por ejemplo, saber la opinión de la colonia de células cardíacas, si no corremos el riesgo de que se puedan declarar en paro parcial o total, cosa que sería grave ya que nos podrían suspender las entregas de gas y hacemos caer en hipoxia incluso en anoxia. Y también deberíamos consultar a nuestras colegas del riñón, que aunque siempre están bebiendo, están muy bien ubicadas e informadas ya que todo pasa por su tamiz.

Se fue el hepatocito comisionado a llevar a cabo la consulta. Por vía venosa descendente alcanzó la esquina cava-renal, y de allí, por vía express, hasta los túbulos del riñón. Aprovechó de paso para conversar con otras compañeras importantes, por ejemplo, con las que habitan las vellosidades intestinales y que controlan las compuertas de entrada de nutrimentos a la sangre. También pasó a platicar, en el área del bazo, con las colegas a cargo del cementerio de glóbulos rojos.

Al terminar su recorrido rindió el informe, aprovechando los oficios de un grupo de linfocitos trashumantes que lo repartieron con gusto por las diversas regiones anatómicas. El consenso general fue: todas cumplimos con nuestras tareas en forma óptima, pero no sabemos qué pasa con la intención ni con los logros del individuo del que nos to-

có ser parte. Estamos convencidas de que hay algunas cosas en las que nosotras no participamos y que, al contrario, se nos conduce hacia objetivos de los que no estamos ni enteradas. Un andariego y rechoncho fagocito opinó:

—Sepan ustedes que en mis innumerables viajes y en mi incansable ir y venir, entre choques y escaramuzas con bichos y partículas extrañas de todos tipos, cuya destrucción como ustedes saben es mi encomienda principal, he sabido de la existencia de una colonia de damas de alta investidura biológica y elevados aposentos, pues habitan allá arriba, bien protegidas por diques y fosos y por una gran bóveda pétrea, que en verdad es riesgoso y peligroso llegar hasta ellas. Porque, además, si se logra pasar esa barrera se cae en una zona de tormenta eléctrica terrible, con rayos y relámpagos de la que seguramente no se saldrá bien parado.

—Ohhh... —exclamaron las otras células a coro—; ¿quiénes son? ¿qué hacen? ¿cómo se llaman?

—Calma, calma, —gritó el glóbulo aventurero y agregó—. Se les conoce con un nombre raro, *neuronas* y se dicen muy especializadas y sofisticadas en su trabajo, pues pretenden controlar y coordinar toda la información de lo que pasa aquí dentro, y hasta de lo que pasa allá afuera.

—¿Afuera? —preguntaron algunas extrañas.

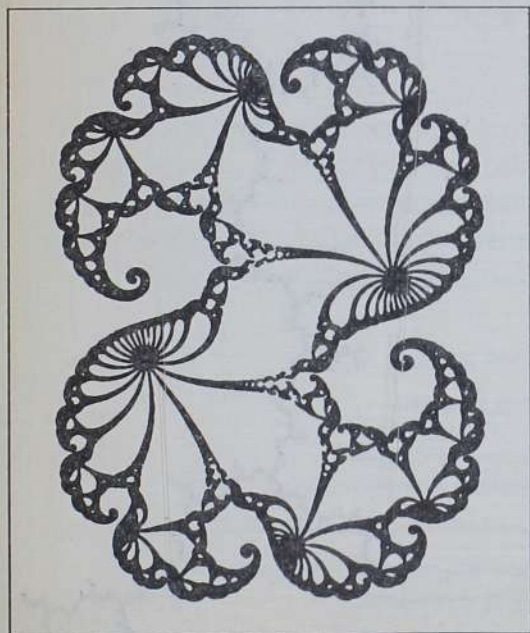
—Sí, afuera —contestó el glóbulo blanco—. Ustedes no se dan cuenta de que formamos parte de un *in-dividuo*, no de un *ex-dividuo*, que está envuelto por una gran muralla, a cuyo cargo están nuestras celosas colegas guardianas de la piel. En mis andanzas he podido hechar un vistazo al exterior a través de unas enormes ventanas a las que logré llegar deslizándome corriente abajo por unas cascadas de lágrimas, ¿saben ustedes?, ese líquido salado que los marinos añoran en su vejez. Uno de nuestros deportes favoritos es patinar sobre esos enormes cristales convexos. Pues bien, tales damas se creen de una alta estirpe y de una clase diferentes a todas nosotras, y pretenden manejar toda la información que reciben de dentro y de fuera, la analizan y la sintetizan, de tal suerte que pueden

tomar decisiones y enviar órdenes a cualquiera de nuestros territorios. Pero no sólo eso; suponen además que son capaces de guardar información en forma de experiencias y usarla más tarde para resolver problemas nuevos para que nuestro organismo se adapte al terrible medio externo y para que nuestra celularidad se mantenga indemne. Se comunican intensivamente entre ellas, y en conjunto inventan cosas. Con todo ello pretenden guiar al individuo donde vivimos hacia uno u otro derrotero existencial.

—¡Ah! —gritó entonces el hepatocito— luego son ellas las responsables del conflicto entre la mediocridad y lo perfecto de todas nosotras. ¡Propongo que enviemos de inmediato un representante a que conozca y entreviste tales colegas y que investigue qué es lo que está pasando entre ellas!

—Despacio, —asintió el viajero leucocito— no es tan fácil, pues como se ha dicho, no cualquiera puede entrar en la región donde ellas habitan. Si acaso se equivoca el camino, se corren grandes peligros.

—¿Como cuáles? —preguntaron por ahí.



—Como caer y perderse en un mar que, aunque cristalino, puede ser letal.

—Oigan, dijo un glóbulo rojo, apenado y rubicundo —yo he oído hablar de parientes de tales neuronas que viven acá abajo; creo que se llaman *simpatocitos* porque dicen que son simpáticas. La verdad es que no creo que lo sean tanto, porque cuando se enojan sueltan chorros de adrenalina y se arman unos relajos tremendos. Sugiero que les preguntemos su opinión.

Fueron el leucocito y el glóbulo rojo de inmediato a entrevistarse con un simpatocito. Este, un poco disgustado, les dijo que sí tenía parentesco con las tales neuronas de allá arriba, pero que si bien nacieron juntos, él no las había vuelto a ver desde entonces.

—Bueno, pero por lo menos danos una recomendación o mensaje para ellas, en forma de péptido o de hormona.

—Tengan estas bolsitas llenas de gránulos de noradrenalina, y si llegan hasta donde están las damas cerebrales se las depositan en el buzón que tienen en su membrana. Espero que eso las sensibilice para que las reciban sin problemas.

La asamblea de células resolvió enviar de embajador al redondo compañero leucocito, quien a través de sus andanzas había dado muestra de la necesaria experiencia y conocimientos para lograr llegar hasta el territorio de dichos fabulosos sujetos. Al oír la decisión, el leucocito se arrugó de tal manera que del susto perdió su redondez. Lo despidieron en el inicio de una ruta venosa ascendente, luego transbordó en la estación cardíaca hacia la ruta arterial, que es más rápida.

El tiempo, que entre las células del cuerpo se mide por los rítmicos latidos cardíacos que se oyen hasta en las lejanas regiones del talón de Aquiles, pasaba lentamente y todas las células esperaban con impaciencia el retorno del globulito blanco; por fin, fatigado y aporreado por las vicisitudes de su arriesgado viaje, retornó el emisario.

—Cuenta —dijeron unas. Dí qué nuevas traes.

—Esperen que tome algo de glucosa, sodio y agua, pues estoy hambriento y sediento. Allá arriba, en esa región llamada cerebro, el aire está enrarecido y la comida escasea. Las damas neuronales consumen todo, con gran voracidad y rapidez, de tal suerte que es difícil obtener algún excedente. Me tuve que atener a lo que llevaba en mis vacuolas que me sirvieron como alforja de viaje. Pues bien, camaradas y colegas celulares, efectivamente tales damas existen. Son como estrellas, algunas decoradas con arbóreos peinados, y viven dentro de una fortaleza pétrea que llaman cráneo. De su cuerpo sale una prolongación larga en forma de tubo que se ramifica y sus ramas llegan hasta el peinado arbóreo de las otras. Allí disparan unos gránulos parecidos a los que nos dio el simpatoctito; éstos, al dar en el blanco del otro lado, se encienden y su trayecto se ilumina, hasta llegar a otra de ellas que también se enciende y entonces se genera mucha luz, grandes descargas eléctricas y ruidos. ¡Oh, es un mundo fantástico! Además, estoy seguro que tienen espías en nuestras áreas, que les sirven de relevo a las chispas y que les envían también corrientes de regreso. No me pude comunicar directamente con ninguna porque se necesita equipo especializado que no llevaba. Es un aparatito como una plaquita, que hace el contacto entre ellas y le llaman *sinápsis*. Aparentemente tienen muchísimo trabajo, pero creo que una gran parte de él se desperdicia, pues la energía que generan en cada sector se disipa en reverberaciones inexplicables. Y si la cosa anda mal por acá abajo, mandan paquetitos de sustancias para modular mejor el trabajo general. Son en verdad raras, parece que envían muchos mensajes y lo que no me gustó es que dan demasiadas órdenes, aunque no siempre muy coordinadas. Son elementos poco resistentes, sobre todo cuando son jóvenes, y sin duda en las duras condiciones por las que nosotras pasamos, como la disminución de las entregas de glucosa y oxígeno, ellas perecerían.

—¿Entonces tú crees que no hacen su trabajo adecuadamente? —preguntó el sagaz hepatocito.

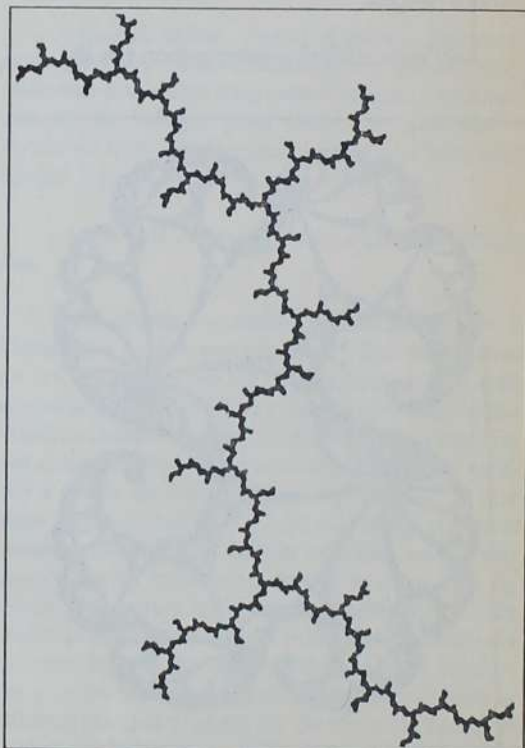
—Bueno, están muy ocupadas y parecen ser muy eficientes, como ya les conté, pero la mayoría de ellas no hace nada. Son tan débiles que de jóvenes mueren muchas y las que quedan ya no pueden reproducirse. Por otra parte, su gran territorio que

llaman cerebro está muy dividido y parece ser que cuando las de un lado obtienen el dominio, ya no lo sueltan, y las del otro se tienen que someter y controlan menos cosas de las que hacemos acá abajo. Otra de sus labores de conjunto es la llamada *inteligencia*, que no sólo permite la existencia del organismo, sino conocer y adaptarse a lo que pasa afuera, lo convierte en un *exdividuo*. Todo eso lleva a lo que llaman *pensamiento*, y una buena parte de ellas se dedica permanentemente a tal actividad.

—En qué consiste?

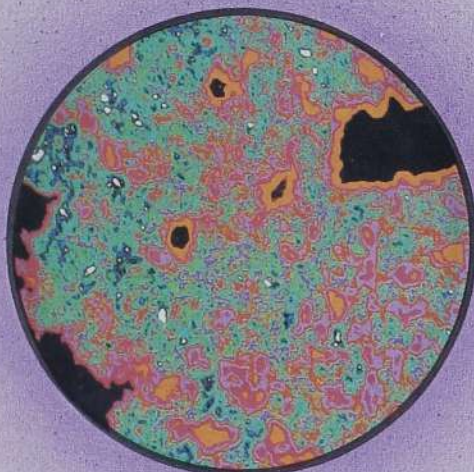
—En modificar la información que les llega, a tal grado de cambiar lo normal y lo natural, en anormal y artificial, en un complejo esquema que parece reflejar lo que sucede afuera y ser muy apreciado entre los *exdividuos* porque los lleva a lo que ellos llaman *progreso*...

Entonces cayeron en un silencio de esos que incitan a reflexionar.





CORPORACION MEXICANA DE
INVESTIGACION EN MATERIALES



Polvo de acero amorfo visto en
color falso a través del microscopio electrónico.

— TECNOLOGIA —

AL SERVICIO DE LA CALIDAD

La corporación apoya en forma continua con fondos económicos concurrentes e infraestructura física y humana la realización de proyectos, cursos de actualización, estancias de entrenamiento técnico, exposiciones, seminarios y otras actividades relacionadas con la tecnología en sus etapas de innovación, investigación, implementación y promoción.

AREAS ESPECIFICAS DE APOYO:

Materias primas	Polímeros
Refractarios y cerámicos	Compósitos
Aleaciones metálicas	Biomateriales
Tecnología de superficies	Materiales ópticos y electrónicos.

En estas actividades pueden participar instituciones académicas, de investigación, empresas privadas y personas físicas.

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES S.A. DE C.V.
BOULEVARD OCEANIA No. 190 FRACCIONAMIENTO SALTILLO 400
SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. TEL.: (84) 15 40 22, FAX: (84) 15 30 48

SERIE M c G R A W - H I L L D E



AL ENCUENTRO CON LA CIENCIA

BÚSCALOS EN LIBRERÍAS DE PRESTIGIO



McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.
 Atlacomulco 499, Fracc. Ind. San Andrés Atoto, Naucalpan, Edo. de México,
 Tel.: 576-9044, exts. 210 y 170, Fax: 576-9871 y 359-5470