

AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 11, marzo-abril de 1992

México ISSN 0185-1411
Distribución gratuita

Impacto Ambiental: el caso de la laguna de Celestún



**Sobre la evaluación
de programas de posgrado**

**La deserción escolar
en la educación superior**

EL DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA EXPERIMENTAL DEL CENTRO DE INVESTIGACION
Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
(CINVESTAV-IPN)

OFRECE:

PROGRAMA DE
MAESTRIA Y DOCTORADO
EN PATOLOGIA EXPERIMENTAL

OBJETIVOS:

El Departamento de Patología Experimental ofrece un programa de maestría y doctorado en Investigación a egresados de diferentes licenciaturas del área biomédica.

A diferencia de los planes tradicionales, el programa tiene como base la investigación biomédica multidisciplinaria. El alumno tendrá por ello una perspectiva más amplia de los métodos, conceptos y campo de acción de la BIOMEDICINA.

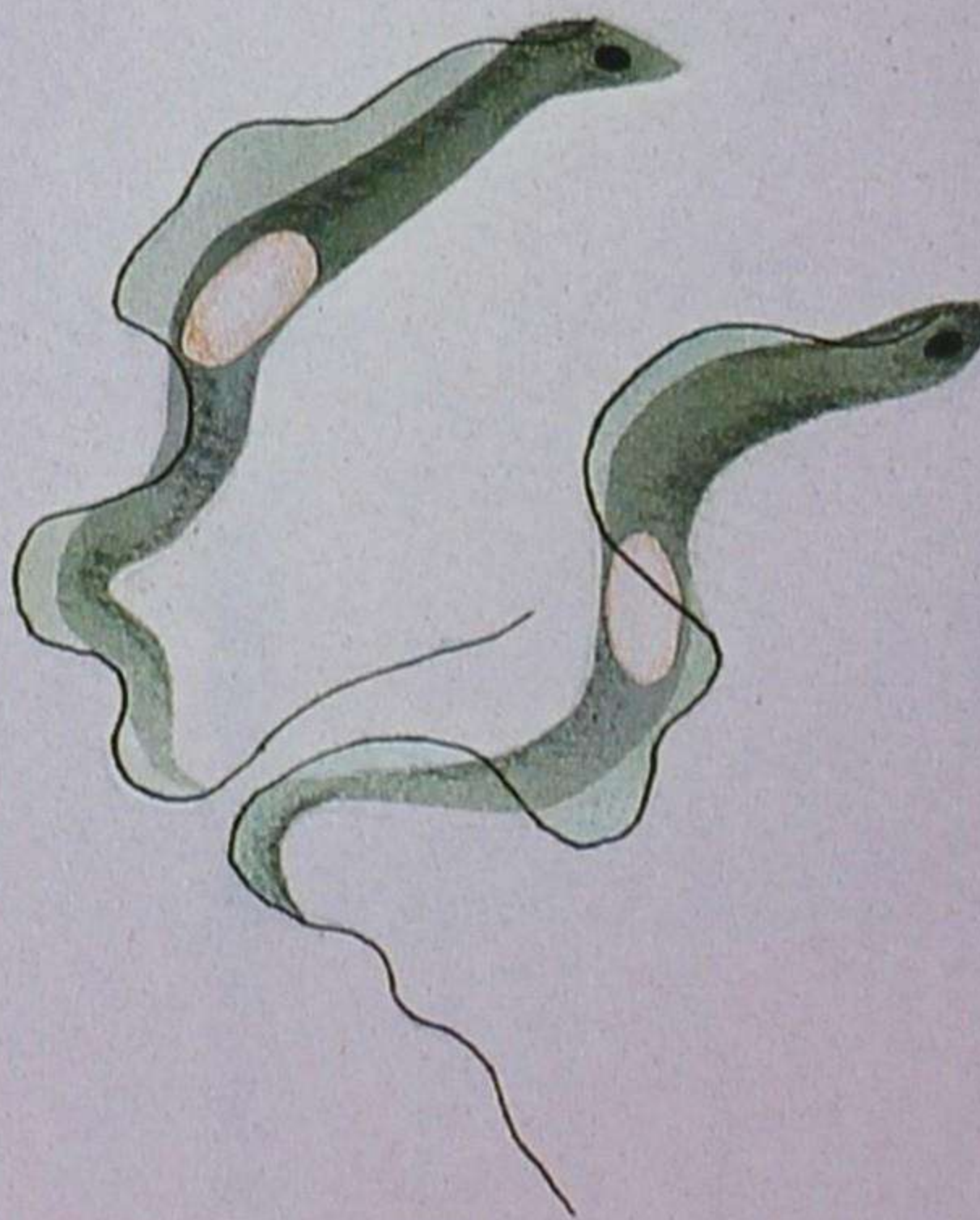
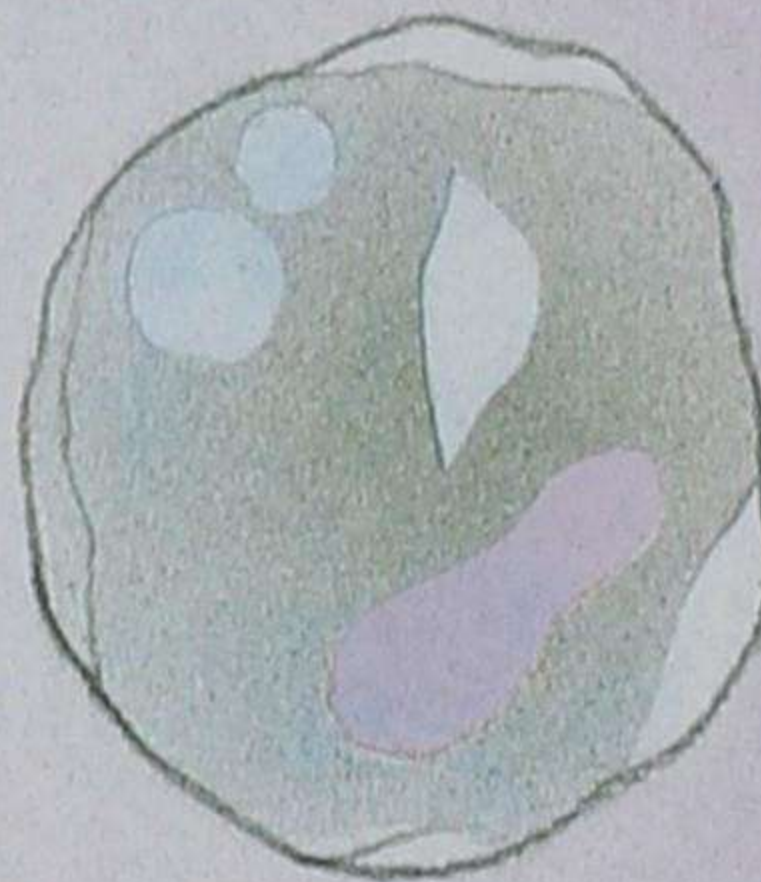
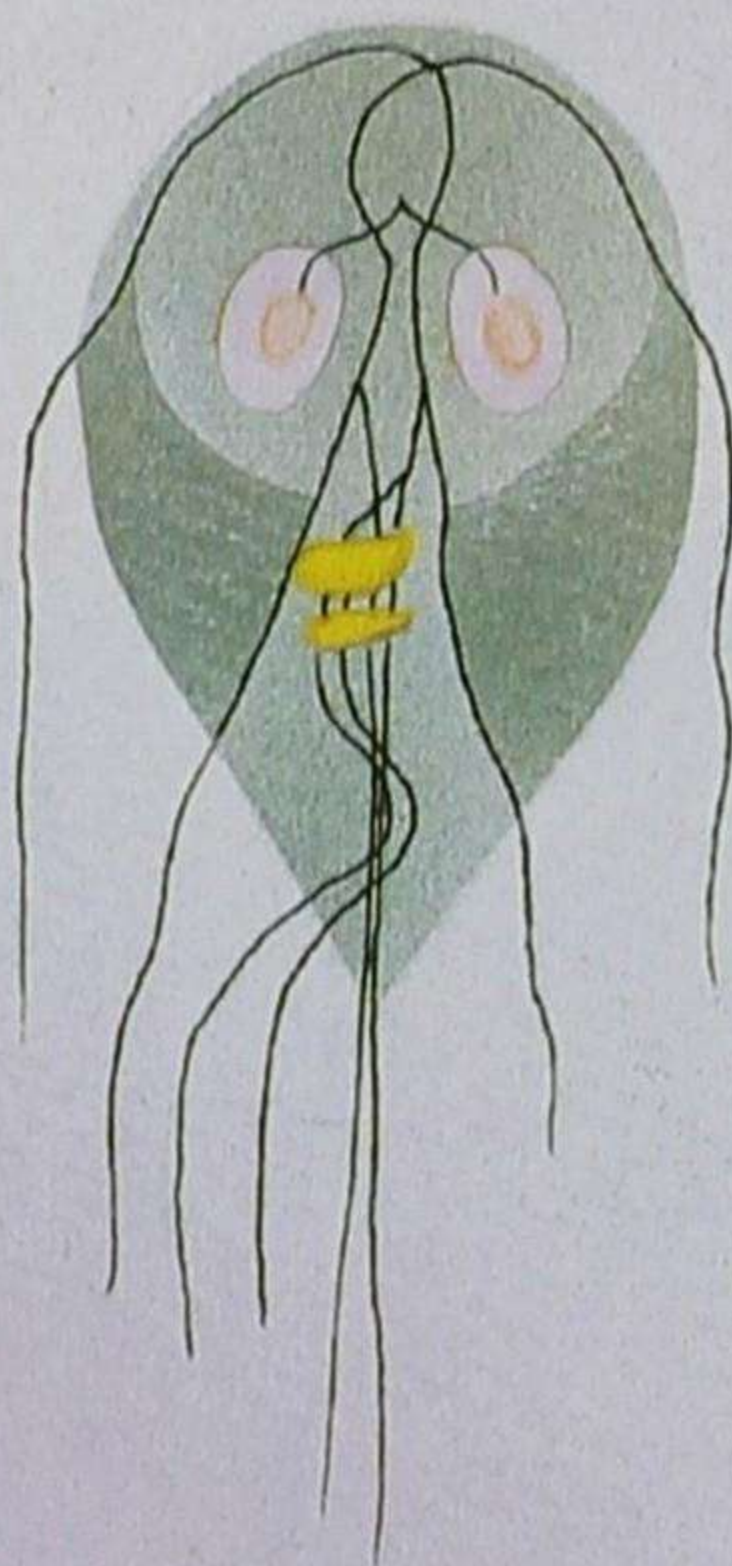
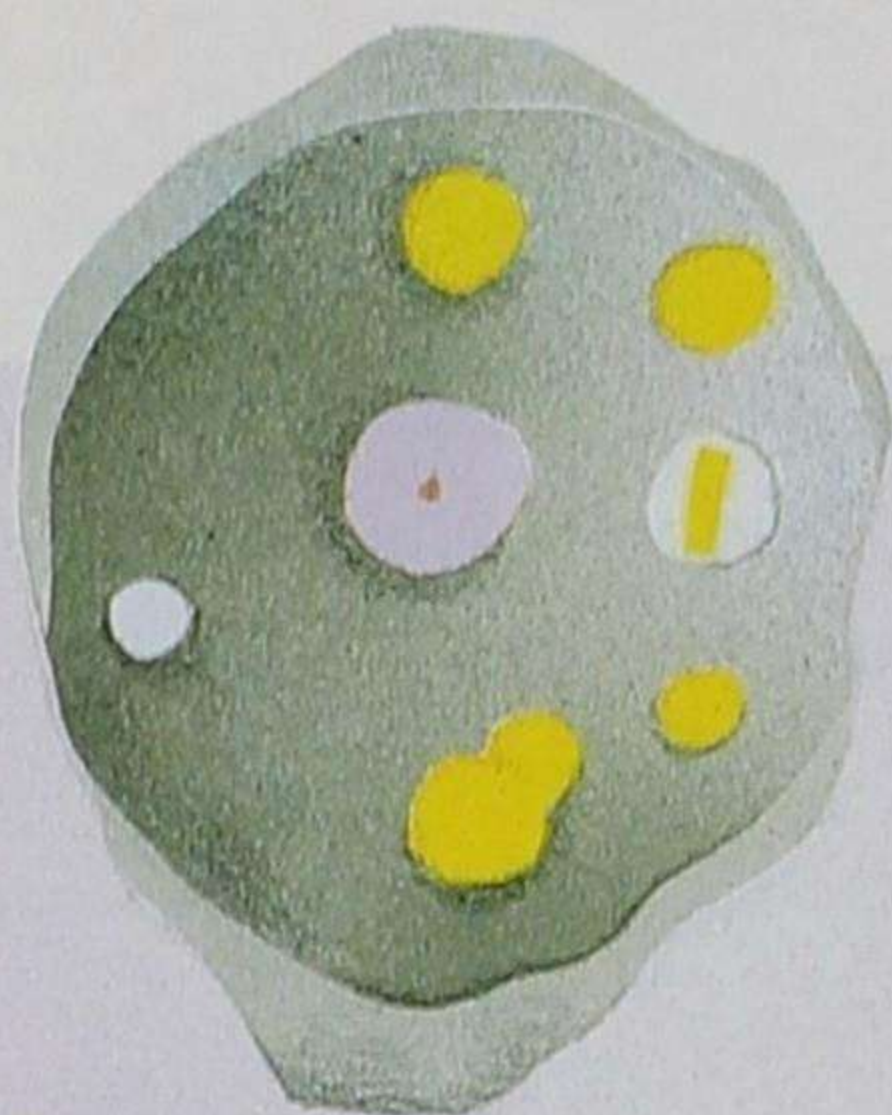
Con esta orientación integral se pretende formar egresados con mejores posibilidades de responder a la demanda de trabajo de maestros y doctores en ciencias biomédicas en México.

REQUISITOS DE ADMISION:

- Estudios Profesionales terminados y examen profesional efectuado.
- Promedio mínimo de 8, en los estudios profesionales.
- Presentar una solicitud completa y copias del acta de nacimiento, certificado de estudios profesionales, dos cartas de recomendación, y tres fotografías tamaño infantil.
- Entrevistarse con el personal Académico del departamento.

BECAS:

Los estudiantes admitidos recibirán el apoyo departamental para solicitar beca ante el CONACyT. Los interesados en iniciar sus estudios en 1992 deberán comunicarse lo antes posible con el Coordinador Académico del Departamento de Patología Experimental del CINVESTAV



DIRECCION

Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2508
Delegación Gustavo A. Madero
C. P. 07000, México, D.F. Apartado Postal 14-740
Tel. 754 02 00, 752 06 77 ext. 5611

AVANCE Y PERSPECTIVA

**Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN-CINVESTAV**

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Julio G. Mendoza Alvarez
Editor: Miguel Angel Pérez Angón
Coordinación: 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 marzo-abril de 1992, volumen 11, se terminó de imprimir en marzo de 1992. El tiraje consta de 6,000 ejemplares. Editor responsable: Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. Negativos, impresión y encuadernación: 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, marzo-abril de 1992

-
- 75 Impacto ambiental: el caso de la laguna de Celestún
Jorge Alfredo Herrera-Silveira
 - 83 Sobre la evaluación de programas de posgrado
Gerardo Herrera Corral
 - 93 La deserción escolar en la educación superior:
enfoques y causas
J. Eliezer de los Santos V.
-

PERSPECTIVAS

- 102 La probabilidad en México
Luis G. Gorostiza
-

109 NOTICIAS DEL CENTRO

DOCUMENTOS

- 114 XXX aniversario del CINVESTAV-IPN
Gabriela Guerrero Ontiveros
 - 119 Niko Tinbergen
J. Frazier
-

LIBROS

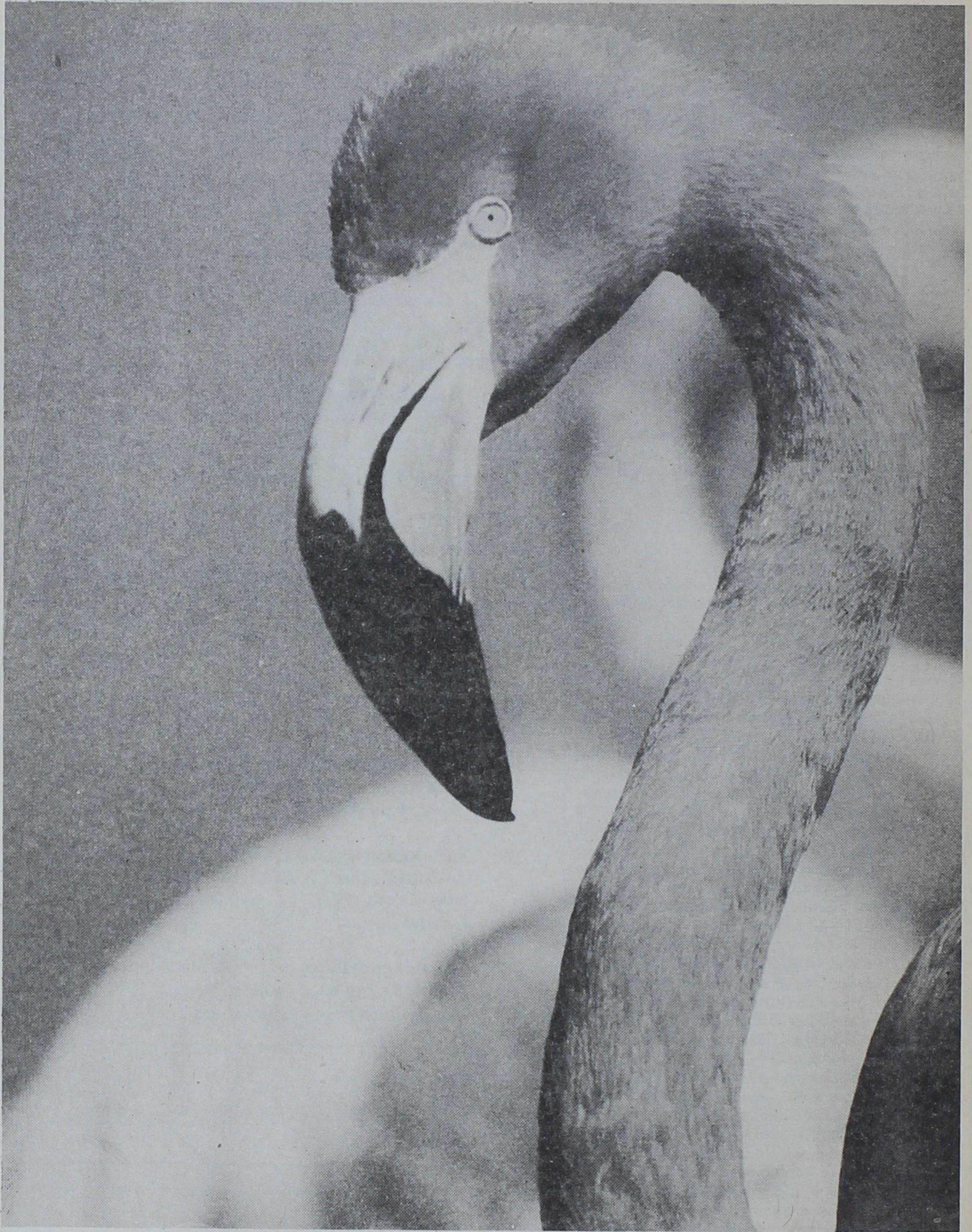
- 123 *Las paradojas del infinito*, de Bernard Bolzano,
Serie MATHEMAS, FC-UNAM, México, 1991
Guillermina Waldegg
 - 126 *Introduction to stereochemistry and conformational analysis*,
de Eusebio Juaristi, Wiley-Interscience,
Nueva York, 1991.
Gabriel Cuevas
 - 128 *Química en México, ayer, hoy y mañana*,
Andoni Garriz ed., FQ-UNAM, México, 1991
Ma. de Jesús Rosales Hernández
-

ESPACIO ABIERTO

- 129 El método científico y los límites de la ciencia
Michael J. Moravcsik
-

PORTADA

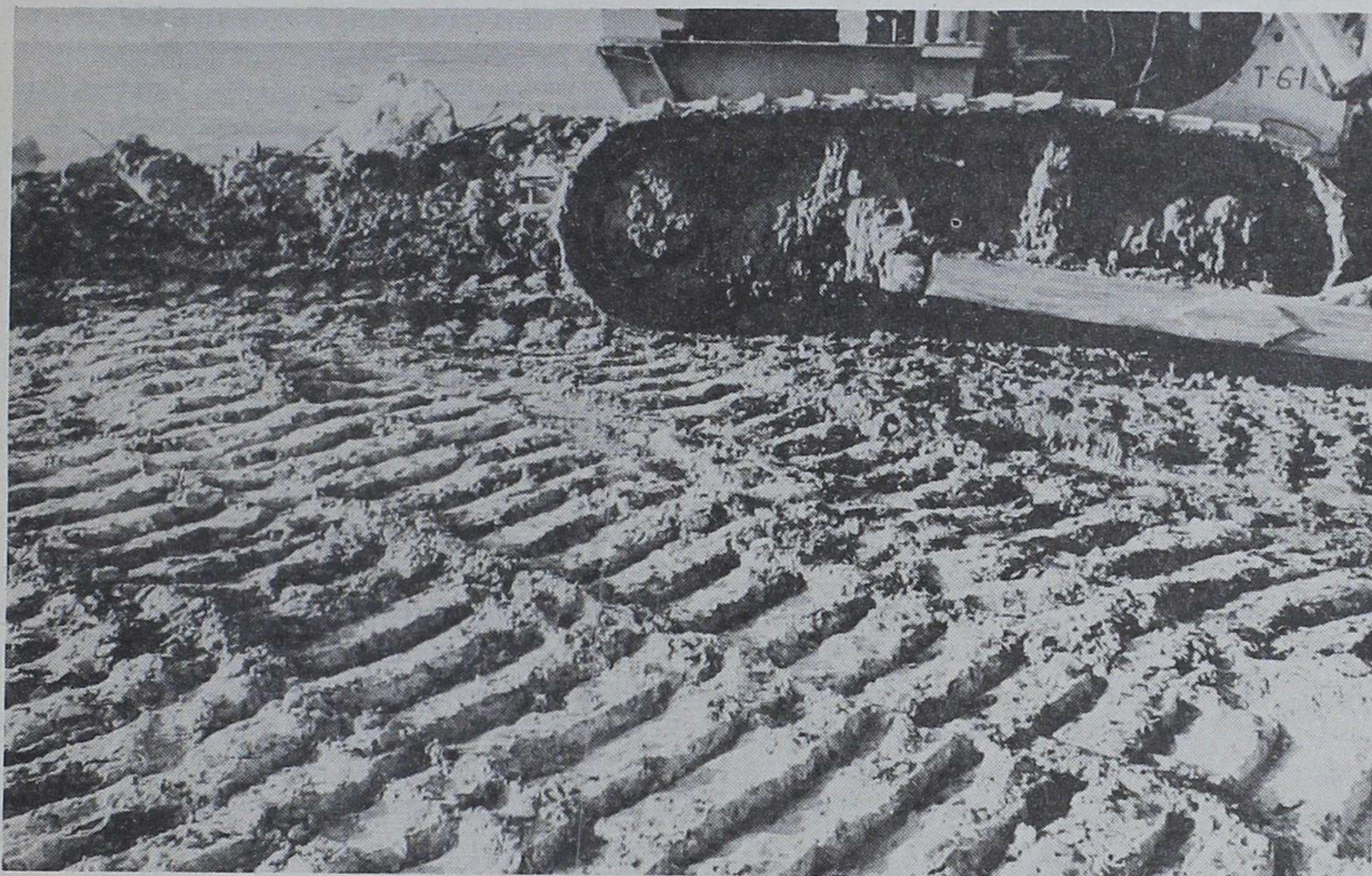
Parvada de flamencos en Ría Lagartos, Yucatán
Foto: Patricio Robles Gil, Agrupación Sierra Madre



Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*)

Impacto ambiental: el caso de la laguna de Celestún

El ecosistema de la laguna de Celestún en la península de Yucatán se ha visto más afectado por la intervención del hombre que por eventos naturales como el huracán Gilberto



Jorge Alfredo Herrera-Silveira

Ecosistemas lagunares de Yucatán

El ambiente costero en nuestro país alberga un porcentaje significativo de la población, que encuentra en ese medio condiciones apropiadas para llevar a cabo sus actividades. En Yucatán el 5% de

la población está distribuida en los 378 Km de costa con que cuenta el estado. En particular, el municipio de Progreso es el segundo más importante del estado con una densidad de población de 112 habitantes/km². Esta concentración humana en el litoral, y su creciente número de actividades, ha generado una serie de preocupaciones por la conservación de ese valioso ecosistema. Esto se ha reflejado en un rápido desarrollo de políticas de conservación para cuatro áreas protegidas, dos por decreto federal y dos por decreto estatal, las cuales ocupan un total de 209,270 has (figura 1).

El M. en C. Jorge Alfredo Herrera-Silveira es profesor auxiliar del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav. Es biólogo egresado de la U. de G. y maestro en ciencias (Biología Marina) del Cinvestav. Su área de interés es la productividad primaria de ecosistemas costeros.

Dada la profunda crisis en el campo yucateco en las últimas dos décadas, los programas de desarrollo estatal han puesto énfasis en la zona costera. Como consecuencia inmediata, el uso de la franja litoral está en aumento, lo que a su vez ha provocado situaciones de conflicto entre algunos sectores productivos (extracción de sal, pesca, turismo). Por otra parte, se sabe que la zona costera puede verse perturbada por eventos meteorológicos y existe escasa información de la respuesta de los ecosistemas costeros tropicales a las tensiones producidas por algún tipo de deterioro ambiental, ya sea provocado por acciones sociales o por catástrofes naturales. Dado el papel ecológico que juegan los ecosistemas lagunares de Yucatán para mantener la diversidad de la región, resulta entonces urgente conocer las condiciones actuales y el posible proceso de cambio del sistema. Con el fin de mitigar el deterioro del ambiente natural y reducir el impacto de los factores que resulten negativos sobre el ecosistema, se deben determinar los que mayor influencia tienen en su evolución.

Deterioro ambiental

En la actualidad, la población humana enfrenta problemas múltiples debido al uso y disposición indiscriminada de los recursos naturales. Son tres los problemas básicos que hacen más difícil esta situación. El primero es el evidente crecimiento de la población, que hace necesario buscar alternativas de producción de fuentes de proteínas e incorporar no sólo la diversificación de técnicas y metodologías, sino también especies que se han considerado hasta ahora como inadecuadas pero que pueden tener un gran potencial biótico. El segundo gran problema es la alteración radical de los ritmos y ciclos de los recursos naturales, así como de la estructura y dinámica de los ecosistemas por las acciones humanas. Esto ocasiona desequilibrios ecológicos que han transformado áreas fértiles en desiertos. El tercer problema es la alteración radical a gran escala de los ecosistemas por catástrofes naturales.

En la costa de la península de Yucatán están presentes estos problemas debido al uso intenso como alternativa de desarrollo de la región; en especial por la construcción de grandes obras, como puentes, carreteras, muelles, puertos de abrigo, esolleras, etc. Además, en el mes de septiembre de 1988, la península de Yucatán se vio alterada por un fenómeno meteorológico de gran escala: el huracán *Gilberto*. Dada la potencia con la cual se desarrolló, con vientos de más de 300 Km/hr, superó en efectos a los huracanes *Betsy* (221 km/hr) y *Donna* (280 Km/hr) de la península de la Florida.^{1,2} Dicho meteoro afectó principalmente los ecosistemas costeros de la península de Yucatán.

Es del conocimiento general que la inestabilidad y alta productividad de los ecosistemas costeros tropicales los coloca en un nivel de alto riesgo de deterioro ecológico. Mientras que su alta productividad impulsa a la sociedad en su conjunto a apropiarse de ellos, su inestabilidad convierte a las acciones sociales y fenómenos naturales en modificadores profundos y radicales del ecosistema.³ Por lo mismo es importante estudiar científicamente, y con perspectivas de aplicación inmediata, el mantenimiento de las características físicas, químicas y biológicas del ambiente costero tropical, es decir, la estructura y dinámica del ecosistema como tal,

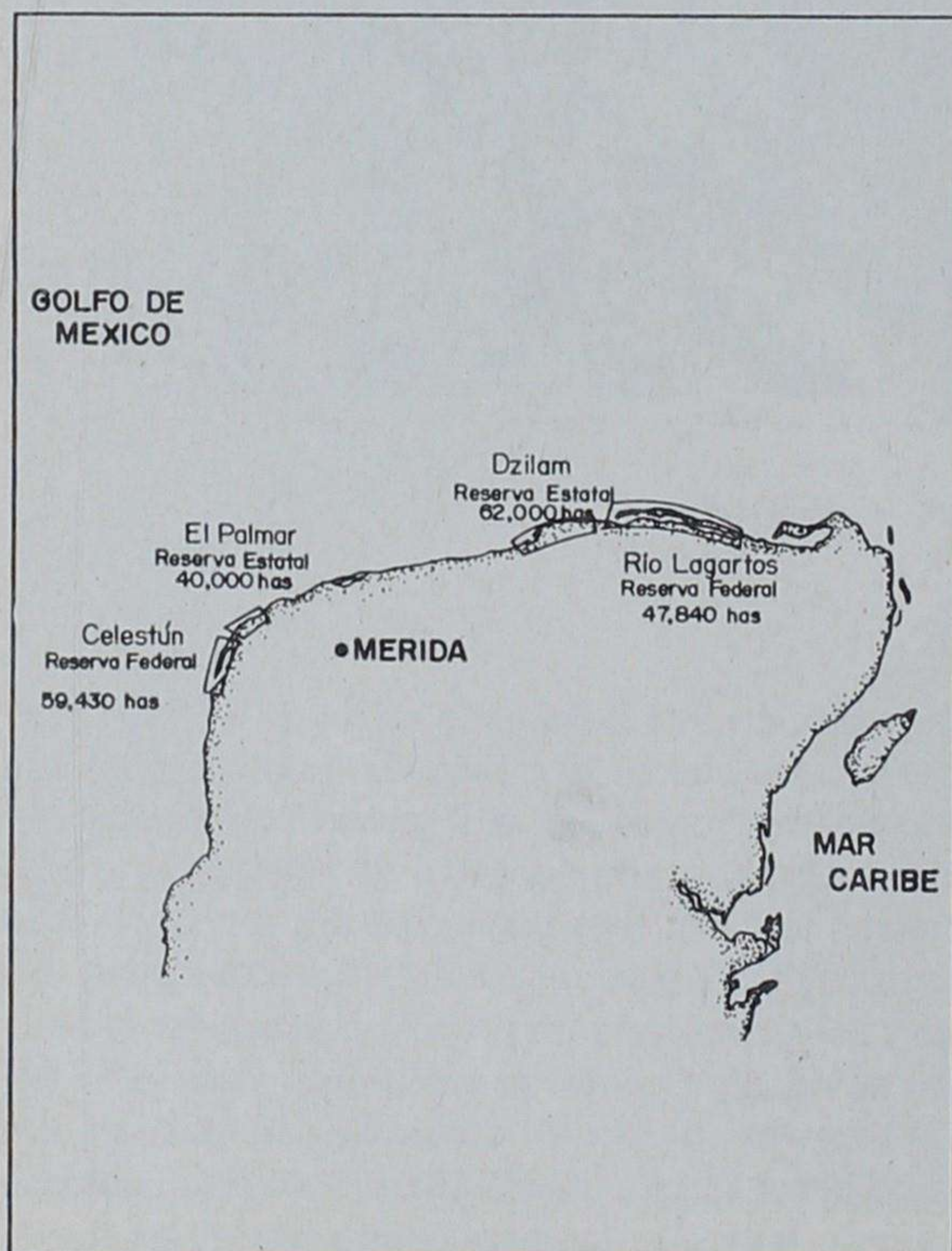


Figura 1. Áreas protegidas del Estado de Yucatán.

considerando las características bióticas y abióticas que le dan existencia.⁴

Las actividades humanas a lo largo de la península giran alrededor del aprovechamiento de los recursos naturales renovables, como lo demuestran las principales actividades económicas en el estado (agricultura, ganadería, pesca, extracción salinera). Sin embargo, su potencial puede verse seriamente afectado por el deterioro ambiental y por ello se requiere contar con un equipo de recursos humanos —multi e interdisciplinarios— que permita abordarlo con una perspectiva global, lo que implica tener que considerar la biodiversidad, las características fundamentales de los ecosistemas y el uso por parte de la sociedad. A este respecto, la Sección de Ecología Marina de la Unidad Mérida del Cinvestav está consolidando un grupo de trabajo dentro de estas líneas de investigación (estructura y función de ecosistemas marinos, contaminación marina e impacto ambiental). Y desde hace algunos años desarrolla investigaciones en el área de Celestún.

La laguna de Celestún

La laguna de Celestún es un ecosistema costero-lagunar ubicado en la porción noroccidental del estado de Yucatán (figura 2). Es largo y somero, con un canal de mareas con profundidad media de 1.5 m. Este sistema, caracterizado por la presencia de afloramientos del manto freático que contribuyen a su fertilización, aporta importantes cantidades de nutrientes. Entre las comunidades biológicas que lo caracterizan está el macrofitobentos (plantas vasculares y macroalgas), el manglar y especies animales del fondo y nadadoras, siendo estas últimas importantes recursos pesqueros, como camarón, jaiba, robalo y la corbina.⁵ De esta forma, la pesca, la explotación de charcas salineras y el turismo son el eje económico de la zona.

La laguna presenta una sola boca en la porción sur de la misma cuyo ancho es de 0.64 Km, siendo así la única comunicación del sistema con el Golfo de México. Debido a su riqueza en flora y fauna, y con el carácter de permanente, se definió al área de Celestún como *refugio faunístico* por decreto presidencial, con una extensión de 59,430

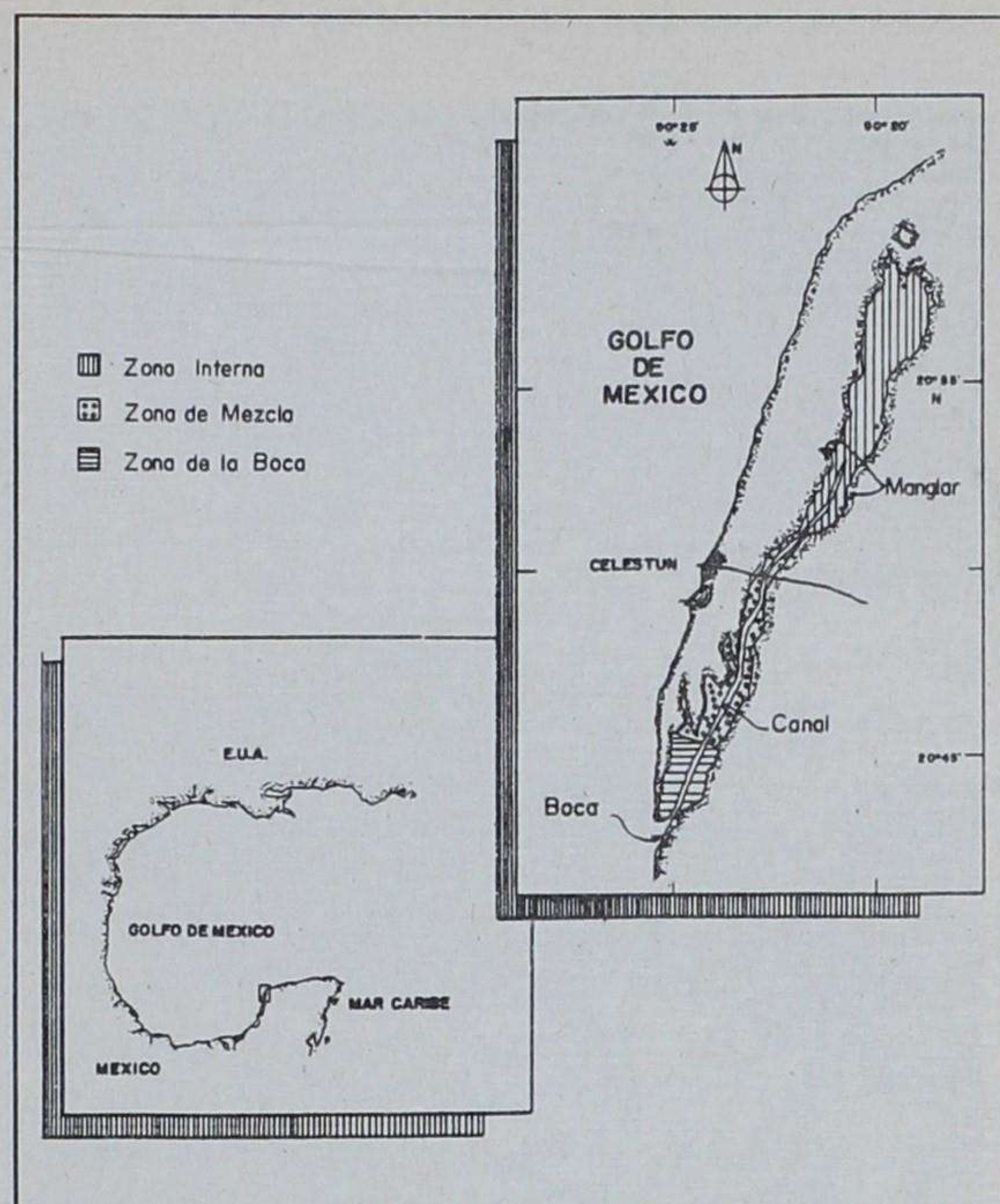


Figura 2. Localización de la Laguna de Celestún, Yucatán y zonas características.

ha. La laguna de Celestún es una de las dos lagunas costeras en la península donde los flamencos (*Phoenicopterus ruber ruber*) pernoctan y se alimentan intensivamente. Reciben especial atención conservacionista en la región por ser una especie en peligro de extinción.

El ambiente de Celestún antes y después de Gilberto

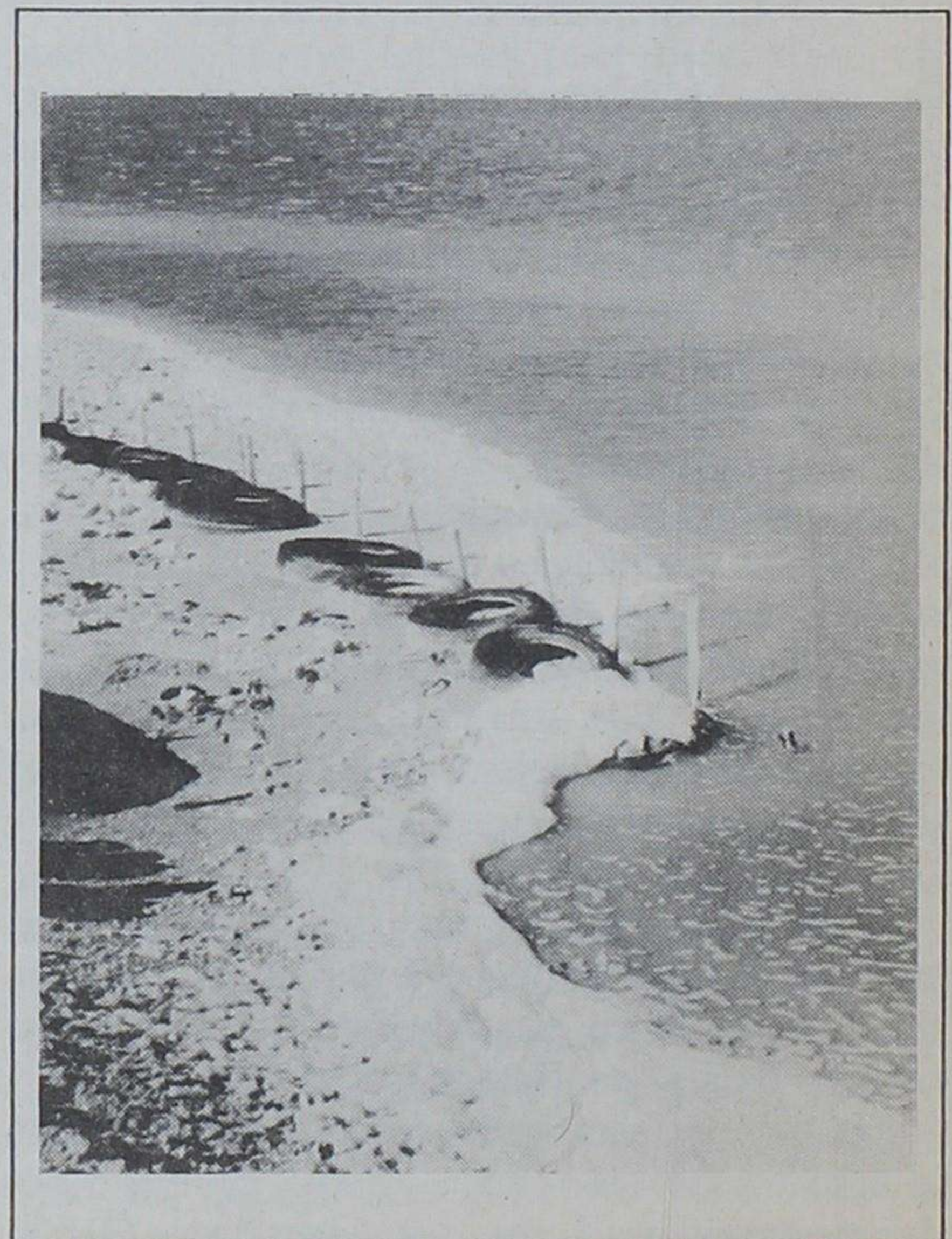
El sistema costero-lagunar de Celestún fue uno de los ecosistemas costeros afectados por el huracán Gilberto. El origen de la laguna de Celestún, y la tendencia evolutiva de este tipo de sistemas, da como resultado el relleno sedimentario y, eventualmente, la desaparición de la zona que está más alejada de la región donde se lleva a cabo el intercambio de mareas y por lo tanto donde la corriente tiene menor fuerza; en el caso de Celestún, esta es la zona interna que está más alejada de la boca (véase la figura 2). Tal fenómeno natural se ha acelerado en los últimos años como consecuencia de la estructura utilizada para la construcción del



Dentro de la comunidad planctónica (organismos microscópicos que se encuentran a merced de las corrientes) los copépodos constituyen uno de los grupos más abundantes. Las especies del necton (organismos macroscópicos con la facultad de desplazarse a voluntad) con una distribución espacio temporal más amplia, son aquellas en las que se basa la economía de la población que ocupa la región. Es el caso de la xlavita (*Lagodon rhomboides*), posta (*Archosargus rhomboidalis*) y el armado (*Orthopristis crysoptera*).^{6,7} La química de los nutrimentos durante un ciclo anual destaca la gran influencia que tienen los manantiales de agua subterránea sobre las concentraciones de nutrimentos, principalmente nitratos (NO_3) y silicatos (SiO_4).⁵ Sin embargo, al comparar los valores medio de algunas características químicas antes y después del meteoro (Tabla 1), se observa que la salinidad bajó drásticamente, la concentración de NO_3 aumentó casi 20 veces su valor previo, mientras que los fosfatos (PO_4) incrementaron en 18 veces su concentración inicial y la del SiO_4 se incrementó en 10 veces después del huracán. Todo esto como consecuencia de la inundación y lavado

punto que cruza la laguna en su porción media (ver figura 2). En esta zona la laguna tiene un ancho de 540 m, de los cuales sólo 100 m están libres para el intercambio de masas de agua por medio del puente y el resto está obstruido por relleno de grava y piedras. En la actualidad es fácil constatar la disminución de la profundidad por concentración de sedimentos en la parte este de la laguna y a ambos lados del puente, así como en la zona interna (de 1.3 m a 0.75 m) debido a la reducción del área para el intercambio de masas de agua.

Con la información actual se pueden plantear la siguientes características del ecosistema. Hidrológicamente la laguna se divide en tres zonas (véase la fig. 2): *Zona de la boca*. Es estable en lo que se refiere a las condiciones físicas y químicas del agua, fuertemente influenciada por el mar. *Zona de mezcla*. Es dinámica, con fuerte circulación, mezcla y remoción de sedimento; mezcla de los aportes marinos y dulceacuícolas. *Zona interna*. De baja salinidad (8-18 gr/l) y con alta concentración de nutrimentos, zona de escasa mezcla con influencia marcada de los afloramientos del manto freático⁵.



de la zona de manglar adyacente al cuerpo de agua.

Evaluaciones antes y después del huracán, así como estudios recientes, permiten señalar que las características hidrológicas de la laguna cambiaron drásticamente después del impacto de *Gilberto*: la salinidad decreció de 22.9 a 5%; el gradiente estuarino desapareció como consecuencia de los importantes aportes de agua dulce, tanto por afloramientos como por precipitación; la concentración de oxígeno disuelto decreció también (3.5-1.6 ml/l) a consecuencia de la oxidación de la materia orgánica proveniente del manglar y de las macrofitas; los nutrientes se incrementaron de manera significativa tanto por aporte dulceacuícola como por los procesos de remineralización (Tabla 1). Sin embargo, los pigmentos fotosintéticos y la productividad fitoplanctónica decrecieron (figura 3) (2.44-0.96 mg Cla/m³ y 151-25 mgC/m³/día) ya que las condiciones no eran favorables, como la alta concentración de taninos y otros productos de degradación. Las condiciones de tensión de los parámetros ambientales contribuyeron a modificar la comunidad fitoplanctónica, por lo cual hubo un descenso en sus tasas de producción.

El bosque de manglar que rodea la laguna está compuesto fundamentalmente por el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Avicennia germinans*) y el mangle negro (*Laguncularia racemosa*); el botoncillo (*Conocarpus erectus*) se observa apenas en algunas zonas.⁹ Las evaluaciones antes y después del huracán muestran que la estructura del bosque fue modificada: *R. mangle* fue sustituida por *A. germinans*, debido a que la primera es la especie que se encuentra más expuesta al cuerpo de agua y por lo tanto a los efectos del viento y mareas. El índice de complejidad decreció de 13.76 a 7.28; esto significa que la cobertura y abundancia disminuyeron por la caída de árboles. La altura media de los árboles pasó de 13.76 m a 10.73 m (figura 4), ya que los árboles jóvenes que no fueron derribados fueron prácticamente rasurados en sus copas.¹⁰

Tabla 1. Parámetros hidrobiológicos de la laguna de Celes-tún, con referencia al huracán *Gilberto* (septiembre, 1988 medias de la laguna).

PARAMETRO	ANTES	DESPUES	AHORA
PROFUNDIDAD m	1.52	1.56	1.44
TEMPERATURA °C	28.3	27.6	26.3
SALINIDAD %	22.9	5.0	21.4
OXIGENO ml/l	3.5	1.6	3.4
NITRATOS M/l	2.95	40.0	9.3
NITRITOS M/l	0.16	5.0	2.7
AMONIO M/l	7.3	60.0	11.2
FOSFATOS M/l	0.1	12.0	3.9
SILICATOS M/l	29.5	350.0	129.6
CLOROFILA-a mg/m ³	2.44	0.96	6.6
PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA mg C/m ³ /día	151	25	403

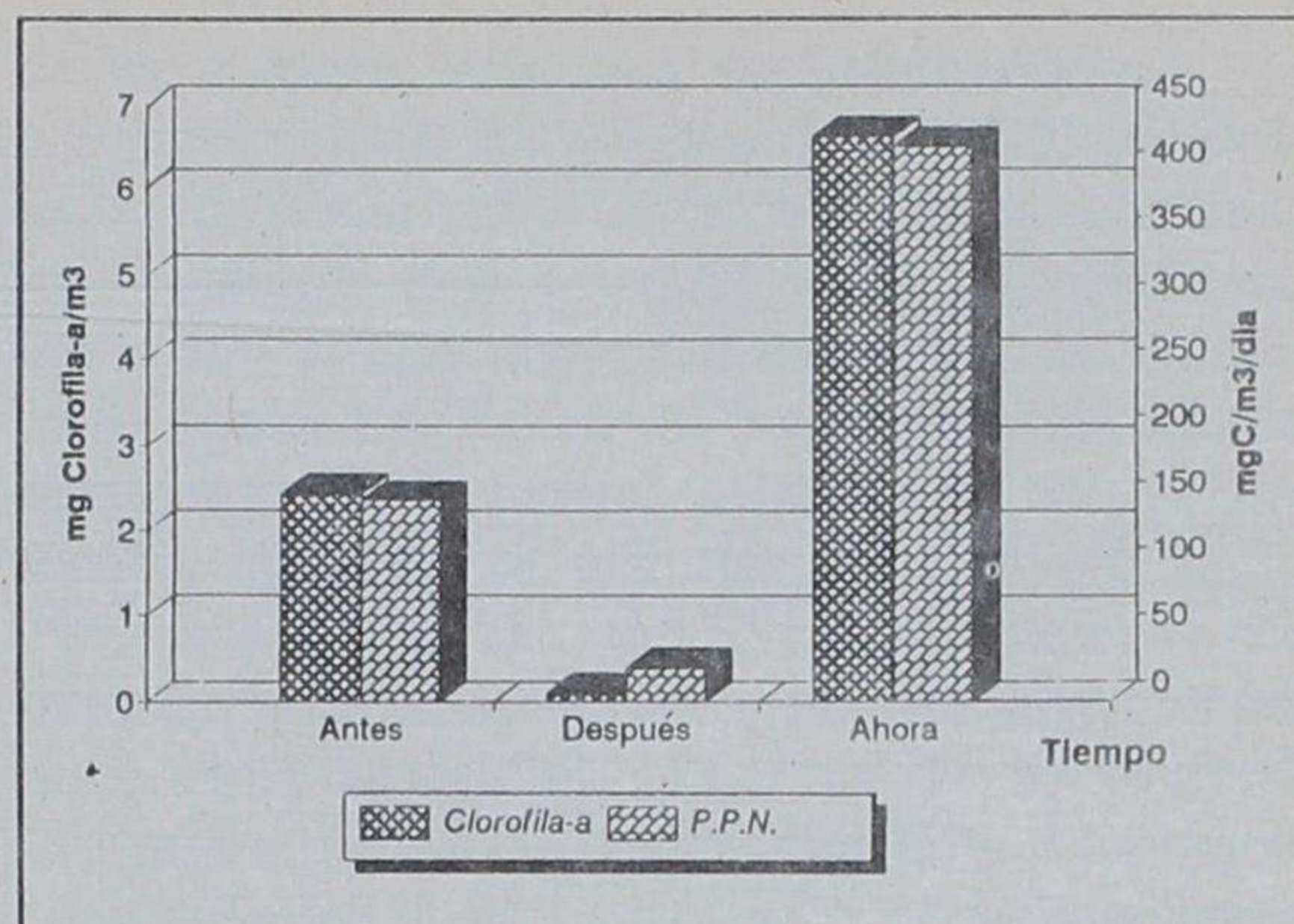


Figura 3. Cambios en la comunidad fitoplanctónica, con respecto al huracán *Gilberto*.

cennia germinans) y el mangle negro (*Laguncularia racemosa*); el botoncillo (*Conocarpus erectus*) se observa apenas en algunas zonas.⁹ Las evaluaciones antes y después del huracán muestran que la estructura del bosque fue modificada: *R. mangle* fue sustituida por *A. germinans*, debido a que la primera es la especie que se encuentra más expuesta al cuerpo de agua y por lo tanto a los efectos del viento y mareas. El índice de complejidad decreció de 13.76 a 7.28; esto significa que la cobertura y abundancia disminuyeron por la caída de árboles. La altura media de los árboles pasó de 13.76 m a 10.73 m (figura 4), ya que los árboles jóvenes que no fueron derribados fueron prácticamente rasurados en sus copas.¹⁰

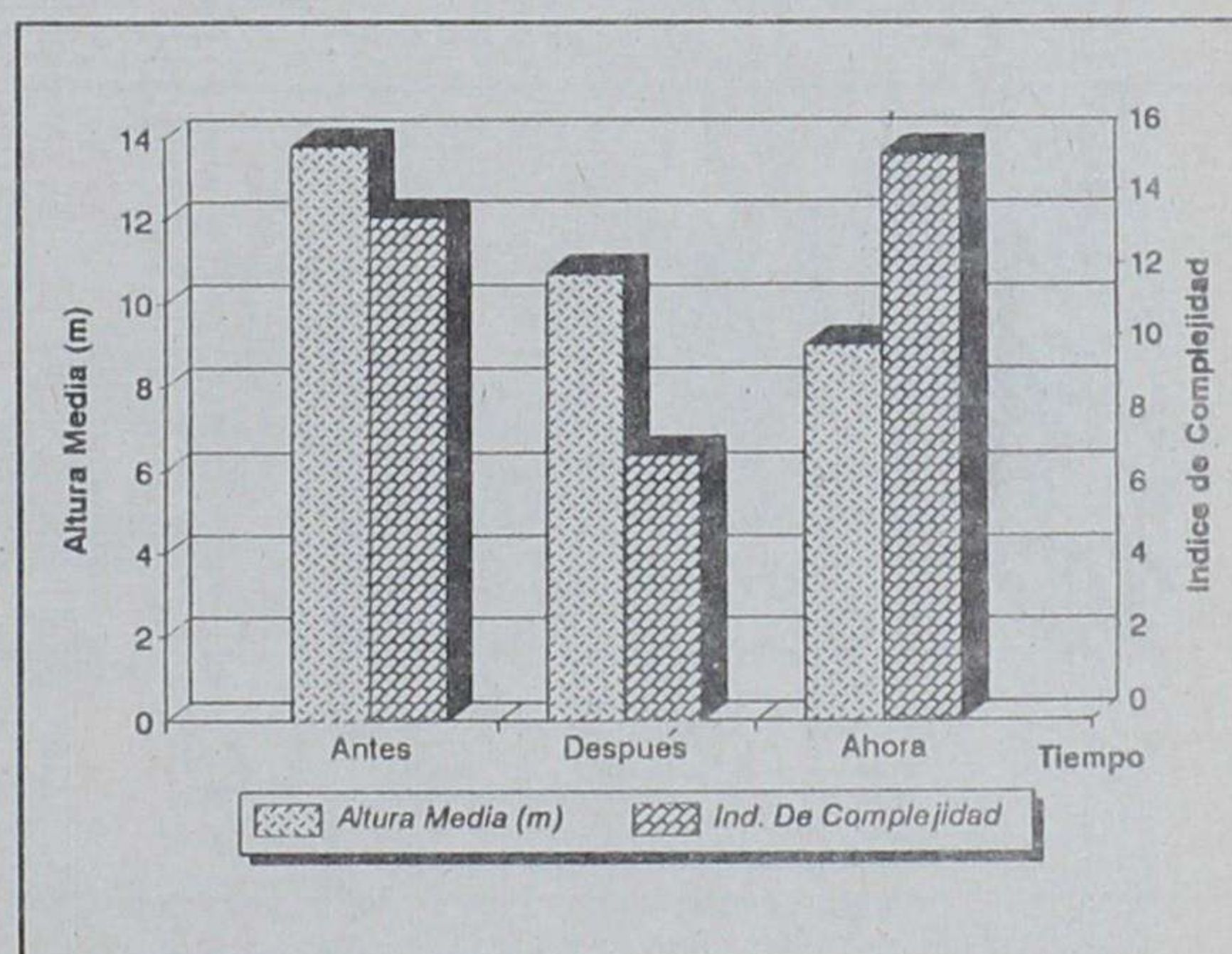


Figura 4. Cambios en la altura media e índice de complejidad del bosque de manglar, con respecto al huracán *Gilberto*.

La comunidad de macrofitas también se vio afectada. El daño se debió a los fuertes vientos y marejadas que produjeron daño mecánico, desprendimiento del sedimento que contiene macroalgas y pastos marinos de la laguna. Antes del huracán la comunidad de macrofitas estaba compuesta por 15 especies destacando la macroalga *Chara fibrosa* y el pasto marino *Halodule wrightii* con biomasa de 1372 g.p.s./m² y 842 g.p.s./m², respectivamente. Después del huracán el número de especies de macrofitas disminuyó a tres y las biomasa fueron muy bajas (10 a 15 g.p.s./m², figuras 5 y 6).

La comunidad de fitobentos está caracterizada actualmente por las macroalgas *Ch. fibrosa* y *Batophora oesterdii* en la zona interna y el pasto marino *H. wrightii* en la zona de mezcla y parte de la marina. Hay que destacar que esta comunidad tiene gran influencia en el proceso de relleno sedimentario del sistema por disminución de la profundidad, ya que por su forma de crecimiento actúa como una excelente trampa de sedimentos^{5,6}.

La comunidad del zooplancton estaba dominada generalmente por una sola especie de copépodo *Acartia tonsa*³; evidencias obtenidas después del huracán señalan un cambio drástico en esta comunidad, pasando de 267,000 organismo/100 m³, sin aparecer algún grupo como dominante.^{6,11}

En el caso de las perturbaciones que ha ocasionado la construcción del puente de Celestún, el

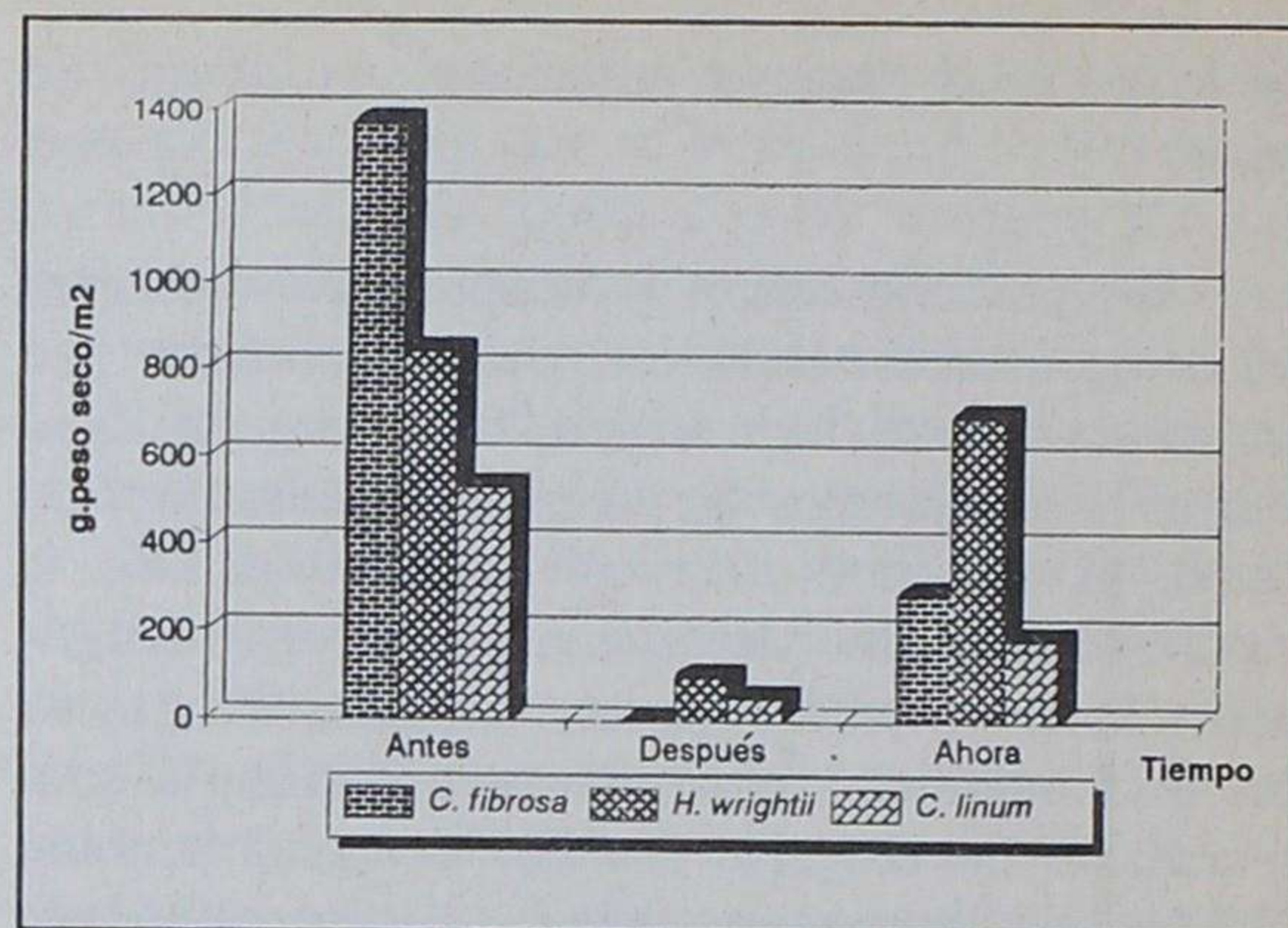


Figura 6. Cambios en la biomasa por especies de macrofitas, con respecto al huracán Gilberto.

aspecto más importante es la reducción de la profundidad media de la zona norte de la laguna (1.2 m a 0.75 m) como consecuencia de sedimentación de partículas, las cuales no pueden ser transportadas hacia la zona sur por la barrera física que constituye el puente. La zona interna de la laguna tiene una alta productividad de materia orgánica que no puede ser utilizada en otras zonas, con lo cual es probable que caiga en situación de eutrofización.

Conclusiones

Es necesario enfatizar que el desarrollo socioeconómico de la región debe contemplar y estar acorde con las políticas de conservación de los ecosistemas y aprovechamiento racional de los recursos.

Si bien el huracán *Gilberto* modificó drásticamente las características ecológicas e impactó puntualmente a la laguna, este ecosistema ha demostrado tener la capacidad de recuperarse mediante mecanismos naturales. Sin embargo, las perturbaciones producidas por el hombre, por pequeñas que sean, tienen efectos de mayor trascendencia a mediano y largo plazo, ya que el ecosistema no cuenta con los mecanismos de adaptación y alternativas de atenuación que le permitan hacer frente a este tipo de modificaciones.

Es bien conocido que *para conservar hay que conocer*, pero desgraciadamente esta sentencia no es llevada a la práctica por aquellos que tie-

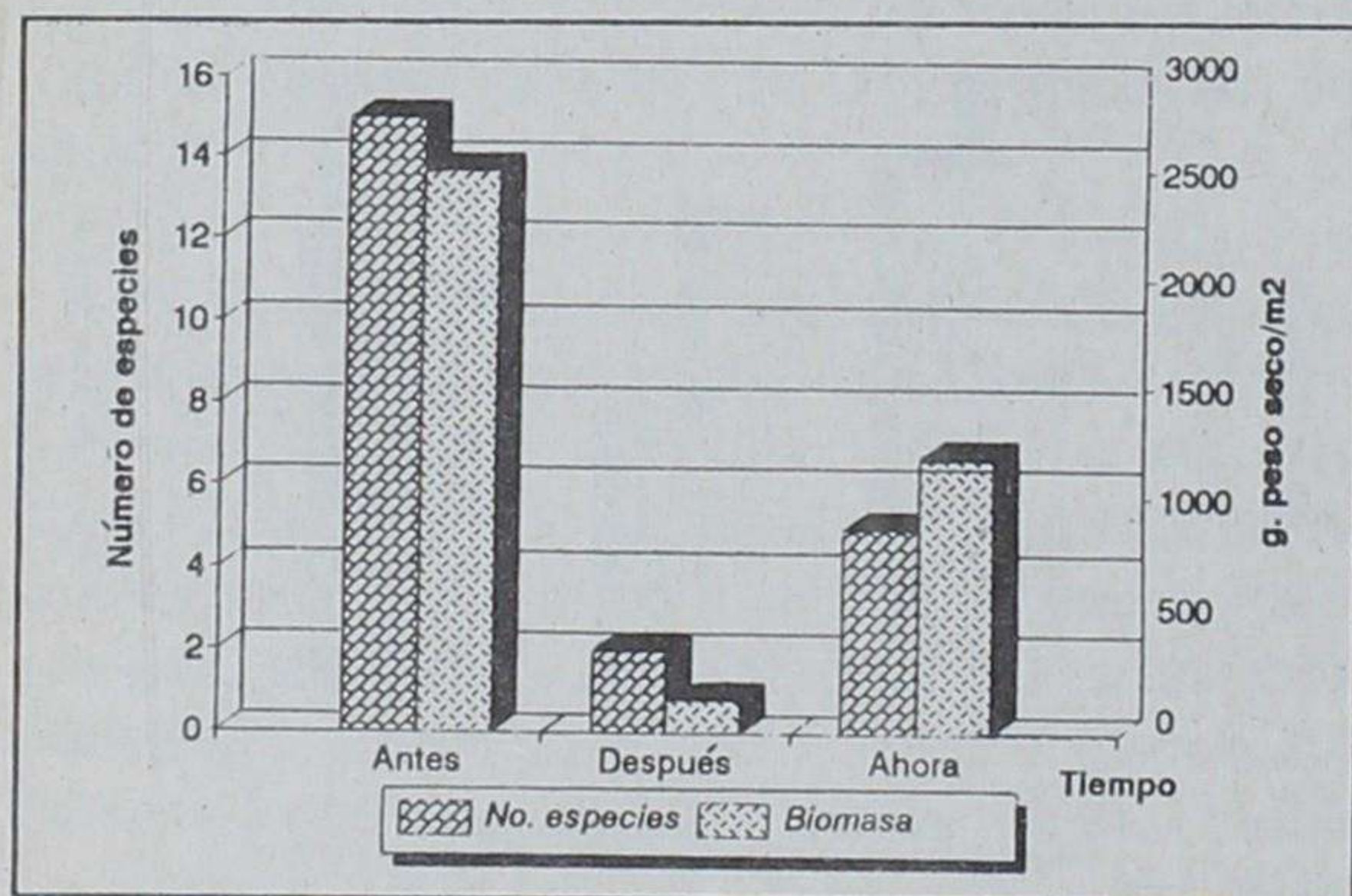


Figura 5. Cambios en el número de especies y biomasa total de la comunidad de macrofitas, con respecto al huracán Gilberto.

nen el poder de decisión. En especial, se tiene que la construcción del bordo y del puente de Celestún no consideró la evaluación de los procesos de circulación que se dan en el sistema, afectándolo grave e irreversiblemente.

Este tipo de acciones, que no se basan en estudios que aporten información básica sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, no sólo los modifican y deterioran, sino que además alteran las propiedades que son de interés para el hombre. ❁

Agradecimientos

Agradecemos al CONACYT el apoyo otorgado a la Unidad Mérida del CINVESTAV durante los últimos 6 años. Esto ha permitido la formación de un grupo de trabajo para el desarrollo de investigaciones en ecología de ambientes costeros y la formación de recursos humanos de alto nivel académico. También a DUMAC Yucatán, por las facilidades en el uso de sus instalaciones en la laguna de Celestún.

Notas

1. T.R. Alexander, Effect of Hurricane Betsy on the southeastern everglades. *Quart. J. Fla. Aca. Sci.* **30**.
2. R. Perkins y P. Enos, Hurricane Betsy in the Florida Bahamas area: geologic effects and comparison with hurricane Donna. *J. Geol.* **76** (1968).
3. F.L. Capurro, Estudio integral del ecosistema costero de Celestún y sus implicaciones en lo socioeconómico, Convenio CONACYT-CINVESTAV, PCECCNA-021479 (1985).
4. R.R. Prasad, y P.V.R. Nair. Studies on organic production. I, Gulf of Mannar. *J. Mar. Biol. Ass. India.* **5**: 1 (1963).
5. J.A. Herrera-Silveira, Productividad primaria fitoplanctónica de la laguna de Celestún, Yucatán. Tesis de Maestría CINVESTAV-IPN Unidad Mérida (1988).
6. E.A. Batllori. Producción secundaria del estero de Celestún. Tesis Maestría CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, (1988).
7. M.E. Vega C., Estructura de la comunidad ictiofaunística del estero de Celestún, Yucatán. II Congreso de Ciencias del Mar, junio 1990, La Habana, Cuba.
8. C.J. Dawes, *Marine Botany* (John Wiley, EUA, 1981).
9. F.A. Trejo, Estudio de la vegetación de la zona costera inundable perteneciente a los bordes de la laguna de Celestún, Yuc. Los manglares. Reporte de servicio social, UAM-I (1986).
10. J.A. Herrera-Silveira, Estudio integral del ecosistema costero lagunar de Celestún, Yucatán, Convenio CONACYT-CINVESTAV P220CCOR-892654 (1991).
11. J.A. Herrera-Silveira, B. Chi, I. Cordoba, H. Ceme, C. Selem, Impacto del huracán Gilberto sobre la comunidad del zooplacton. Reporte interno. Universidad Autónoma de Yucatán (1989).



Foto: Jesús García Barrón

Información para los autores de *Avance y Perspectiva*

La revista *Avance y Perspectiva* (A y P), órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica. A y P publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos y notas que se propongan para ser publicados en A y P deben enviarse por triplicado a:

Editor, *Avance y Perspectiva*
Secretaría Académica
CINVESTAV
Apdo. Postal 14-740
07000 México, D. F.
Tel. 586 4237

Los artículos y notas recibidos serán evaluados por especialistas seleccionados por el Consejo Editorial. Los artículos de divulgación deben dar cuenta de los logros o avances obtenidos en las especialidades que se cultivan en el CINVESTAV. Se buscará que su contenido sea ameno y novedoso. Deberán estar escritos a máquina, a doble espacio, con márgenes amplios y extensión máxima de 20 cuartillas. El lenguaje debe ser accesible a estudiantes de licenciatura sin perjuicio de la información científica o académica contenida en el artículo. Cuando sea necesario el uso de tecnicismos, deberá explicarse su significado con la amplitud conveniente. Se recomienda la inclusión de recuadros que aclaren el significado de conceptos de difícil comprensión. Dentro de lo posible, se evitará el uso de fórmulas y ecuaciones. Los artículos pueden tener subtítulos o incisos y un resumen al principio, no mayor de cinco líneas, a manera de introducción, que atraiga el interés del lector. Las referencias bibliográficas aparecerán completas al final del texto; cuando se mencionen en el artículo deberán indicarse con un superíndice y estar numeradas por orden de aparición.

Deberán enviarse los originales de las figuras, gráficas o fotografías que acompañen el texto. Las figuras y gráficas se deben preparar con tinta china sobre papel albanene o mantequilla de buena calidad. Los autores recibirán las pruebas de galera de sus artículos con la debida anticipación. Sin embargo, para evitar retrasos en el proceso de publicación, sólo se aceptarán en esta etapa correcciones mínimas al texto original. Para agilizar el proceso de publicación, los autores que usen un procesador de textos en microcomputadora, además del texto impreso en papel, deben enviar su texto grabado en un disco flexible. Los procesadores de textos útiles para este propósito son: *Microsoft Word*, *Word Perfect*, *PC Write*, *Xi Write III*, *Wordstar* y *Multimate*.

Sobre la evaluación de programas de posgrado

Se compara la evaluación de universidades extranjeras realizada por el CONACyT con estudios recientes publicados en Alemania, EUA e Inglaterra.



Universidad de Münster, Alemania. Foto: Der Spiegel.

Gerardo Herrera Corral

La evaluación alemana

En diciembre de 1989, la revista *Der Spiegel* publicó un artículo¹ en donde se dieron los resultados de un estudio sobre la calidad académica de 51 universidades de la entonces Alemania Federal. Un mes más tarde, en enero de 1990, la misma re-

vista publicó un número especial² en donde se presentaron los detalles del estudio.

Der Spiegel, la revista de crítica y análisis con mayor difusión en Alemania, en colaboración con el sociólogo berlinés Friedhelm Neidhard y el Instituto Emnid de Bielefeld, se propuso hacer un estudio sociocientífico sobre la eficiencia de la investigación y la enseñanza en las universidades alemanas. El estudio realizado consistió en una encuesta de 18 preguntas cuidadosamente formuladas que fueron planteadas a 6 mil estudiantes en las 51 universidades. El estudio se concentró en las

El Dr. Gerardo Herrera Corral es profesor adjunto del Departamento de Física del Cinvestav. Es ingeniero físico del ITESM y obtuvo su doctorado (Física) en la Universidad de Dortmund, RFA. Su área de investigación es la física experimental de altas energías.

15 especialidades más concurridas en las universidades de Alemania Occidental.

El balance fue sorprendente; las nuevas universidades alemanas, creadas sólo hace 20 o 25 años, son ahora las mejores universidades. En las tablas 1-10 se incluyen los resultados de la evaluación para las especialidades de Física, Psicología, Biología, Política y Ciencias Sociales, Química, Informática, Matemáticas, Economía, Ingeniería y Electrónica. El porcentaje indicado en cada tabla se refiere a la puntuación más alta teóricamente alcanzable por cada universidad alemana en la especialidad indicada. Dada la estructura de las universidades alemanas, en esta calificación se incluye la evaluación de los programas de licenciatura (Diplom) y de posgrado (Promotion).

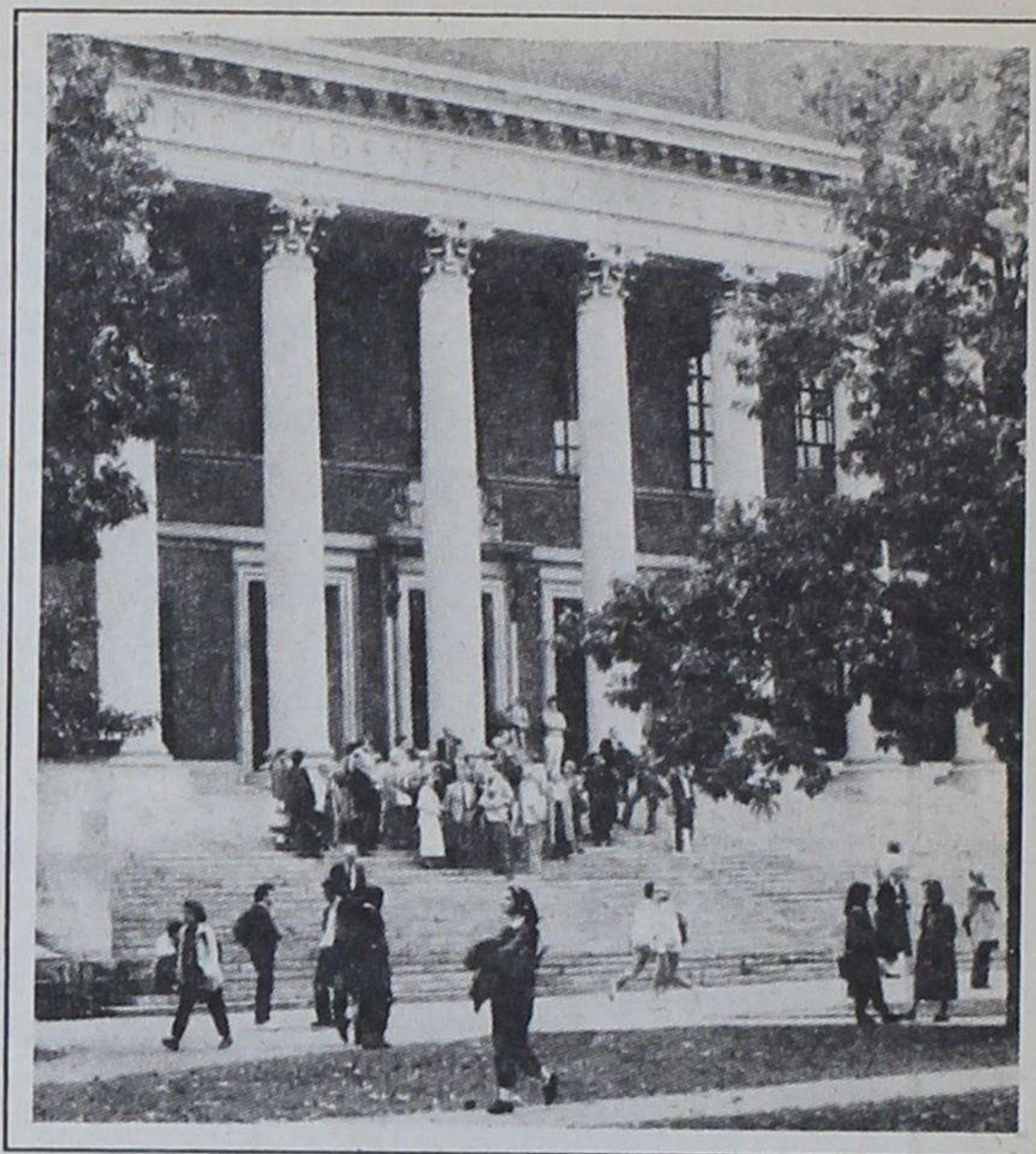
En la mayoría de las especialidades, las universidades de creación más reciente, y por regla las más pequeñas, resultaron ser significativamente mejores a las universidades tradicionales. Así, por ejemplo, en Química la Universidad de Constanza, creada durante los años 60, fue evaluada en un 30% mejor que la tradicional Universidad de Stuttgart.

Entre las 15 mejores se encuentran 12 universidades fundadas en los años 60 y 70, mientras que entre las últimas 15 se encuentran 13 de las antiguas y renombradas universidades. Facultades que desde hace décadas reclaman tener un alto nivel académico aparecieron en el fondo de la tabla final.

Los cuatro grupos

De manera clara se separan las universidades alemanas en cuatro grupos cualitativos. Muy adelante está el grupo de universidades que se formaron apenas en los años 70. Las universidades en Duisburgo, Essen, Cassel, Paderborn, Siegen y Wuppertal alcanzan en promedio un 57.4% de la puntuación más alta teóricamente alcanzable.

Inmediatamente atrás del primer grupo se encuentran las universidades fundadas en los años 60: Augsburgo, Bamberg, Bayreuth, Bielefeld, Bochum, Bremen, Dortmund, Düsseldorf, Kaiserslautern, Constanza, Mannheim, Oldenburgo, Osnabrück, Passau, Regensburg, Tréveris y Ulm, con



Universidad de Harvard, EUA. Foto: Der Spiegel.

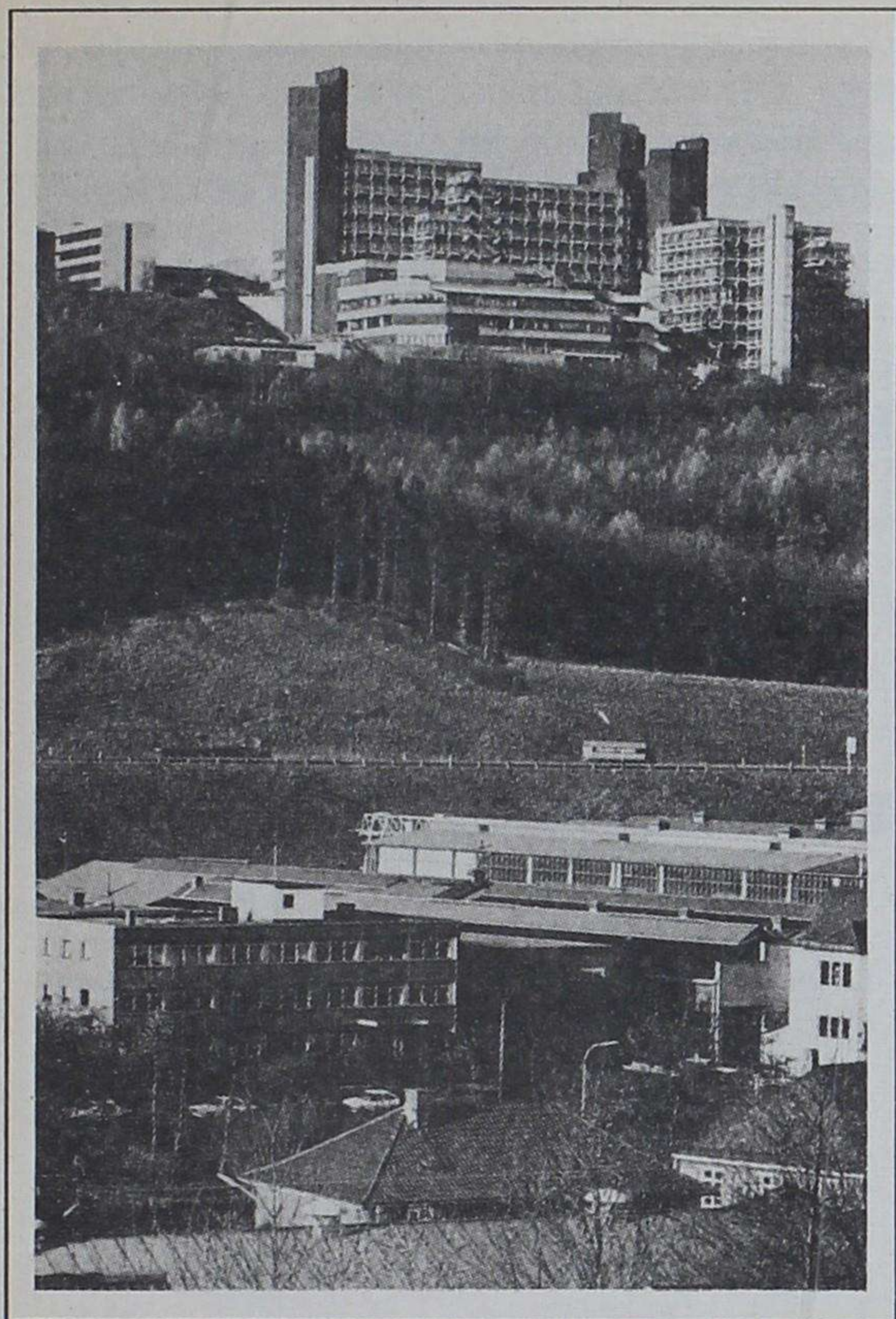
un promedio de 54.1%. A una distancia considerable se encuentra el tercer grupo, integrado por universidades antiguas: Berlín, Bonn, Erlangen-Nürnberg, Frankfurt, Friburgo, Giessen, Göttingen, Hamburgo, Hannover, Heidelberg, Hohenheim, Kiel, Colonia, Maguncia, Marburgo, Munich, Münster, Sarrebruck, Stuttgart, Tübingen y Würzburg, con un promedio de 49.9%.

Muy atrás están las universidades técnicas como Aquisgrán, Berlín, Brunswick, Clausthal Darmstadt, Karlsruhe, Munich con un promedio de 48.9%.

Neidhard afirma que las condiciones a las que se encontraban sujetas desde un principio —presión de garantizar un buen funcionamiento y capacidad para competir— explica el hecho de que las universidades más nuevas hayan resultado ser las mejores.

Universidades norteamericanas y británicas

La evaluación de universidades fue iniciada en EUA. Desde 1959 la calidad de las universidades norteamericanas ha sido evaluada por expertos



Universidad de Siegen, Alemania. Foto: Der Spiegel.

conforme a ciertos criterios, entre los que se encuentran:

- fama científica de la que gozan los profesores en su especialidad,
- número de libros y artículos publicados por los profesores,
- frecuencia con que estos trabajos son citados en la literatura especializada,
- apoyo financiero que por parte de la industria y el estado recibe la universidad para la investigación,
- nivel de los exámenes de admisión y de graduación,
- tamaño y equipamiento de bibliotecas, laboratorios, etc.

Tomados por sí solos cada uno de estos indicadores es discutible; sin embargo, al combinarlos parecen producir una clasificación razonable en el que universidades elitistas como Yale, Harvard o Princeton resultan favorecidas (tabla 11). La puntuación asignada a las universidades en este caso está escalada con la que mejor resultados obtuvo. Los cambios pequeños generales en esta clasificación de las universidades norteamericanas producen una gran resonancia pública en EUA. Por ejemplo, en 1985 la Universidad de Harvard quedó en segundo lugar en la clasificación de la revista *U.S. News & World Report*; en octubre de 1989 bajó al tercer puesto, lo que ocasionó que se pusiera en marcha un estudio para ubicar la causa. El rector de Harvard dijo entonces: "La competencia nos presiona para superar la calidad de la universidad".

Para las universidades británicas la clasificación ha resultado ser una experiencia nueva y dolorosa. Bajo la política de austeridad del gobierno de M. Thatcher, desde 1981 todo el sistema educativo es evaluado por una comisión gubernamental y el apoyo financiero otorgado depende del nivel de rendimiento. En la tabla 12 se presenta la clasificación de las universidades británicas correspondiente a 1989.

La evaluación mexicana

En México se han hecho ya evaluaciones del posgrado nacional. CONACYT ha publicado en dos ocasiones un número especial de *Ciencia y Desarrollo* con los resultados de los diagnósticos de los programas de posgrado que se ofrecen en el país^{3,4}. Para el análisis se contemplaron básicamente cuatro aspectos: la planta docente, el alumnado, el plan de estudios y la infraestructura. El lector puede consultar los resultados del diagnóstico en las refs. 3 y 4.

Recientemente apareció una nueva "evaluación de los programas de posgrado de excelencia para ciencia y tecnología" hecho por CONACYT⁵. Este estudio rebasa en ambición a los dos anteriores, pues se pretende clasificar no sólo al posgrado nacional sino además a los posgrados de todo el mundo. Desafortunadamente, no se especifica en

este estudio cuál fue la estrategia metodológica al evaluar a los miles de posgrados existentes en el extranjero.

Al revisar la congruencia entre las evaluaciones hechas por CONACyT para los posgrados alemanes y la de las universidades alemanas por *Der Spiegel*, nos podemos dar cuenta de cuán subjetivo puede llegar a ser un estudio de este tipo. Así, por ejemplo, si CONACyT considera a la Universidad de Heidelberg como la única universidad alemana con el calificativo de excelente en la especialidad de ciencias políticas, el estudio de *Der Spiegel* nos dice que en este renglón la Universidad de Heidelberg ocupa el lugar 31 entre las 38 universidades que ofrecen esta especialidad. O sea, una de las menos recomendables. Si CONACyT considera a la Universidad de Stuttgart como la única universidad alemana digna del adjetivo excelente en la especialidad de Ingeniería en Computación e Informática, en el estudio de *Der Spiegel* la Universidad de Stuttgart ocupa el 17 lugar en una lista de 20 universidades que ofrecen esta especialidad.

Para el CONACyT es la especialidad de psicología donde las universidades alemanas tienen más qué ofrecer. En esta rama hay cuatro universidades alemanas con el grado de excelencia. Estas son, a los ojos de los evaluadores del CONACyT, las universidades de Berlín, Frankfurt, Osnabrück y Düsseldorf. Sin embargo, el estudio de *Der Spiegel* revela que en esta especialidad la Universidad de Berlín ocupa el 26 lugar en una lista de 33 universidades, la Universidad de Frankfurt se encuentra en el 9, la Universidad de Osnabrück está en el 11 y la Universidad de Düsseldorf en el 7.

Resulta también asombroso que a ojos del CONACyT los posgrados alemanes en física no sean dignos del calificativo de excelente, cuando todos sabemos que es Alemania, después de Estados Unidos, el país que más premios Nobel ha producido en esta especialidad, y que en los últimos cinco años cinco físicos alemanes han obtenido este premio.

Ante esta situación, resultaría lamentable que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología siguiera tomando decisiones basado en una evalua-

ción aparentemente incompleta. Por lo pronto, resulta más razonable considerar las evaluaciones que ya han realizado los países en donde se concentra el mayor número de becarios extranjeros. ❁

Referencias

1. *Der Spiegel*, núm. 50, 11 de diciembre de 1989.
2. *Spiegel Spezial*, Studieren heute-Welche Uni ist die Beste, Núm. 1, 1990.
3. *Ciencia y Desarrollo*, número especial abril de 1987.
4. *Ciencia y Desarrollo*, número especial septiembre de 1989.
5. *Posgrado*. Evaluación de los programas de Posgrado de Excelencia, editado por CONACyT.



Tabla 1. Psicología.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Bielefeld	70,1
2	Würzburgo	67,1
3	Kiel	66,6
4	Oldenburgo	63,3
5	GHS Wuppertal	57,0
6	Mannheim	54,8
7	Düsseldorf	54,3
8	Colonia	54,0
9	Frankfort	53,5
10	Bremen	53,4
11	Osnabrück	53,0
	Marburgo	53,0
13	Sarrenbruck	52,5
	Maguncia	52,5
15	Giessen	52,4
16	Heidelberg	52,1
17	Tübingen	51,9
18	Darmstadt, TH	50,8
19	Regensburgo	50,7
	Constanza	50,7
21	Münster	49,9
22	Tréveris	49,7
23	Bamberg	48,3
24	Bonn	47,2
25	Munich	46,0
26	Berlín, FU	43,2
27	Göttingen	41,1
28	Friburgo	39,7
29	Erlangen-Nürnberg	37,1
30	Bochum	36,6
31	Hamburgo	36,4
32	Brunswick, TU	35,9
33	Berlín, TU	34,0

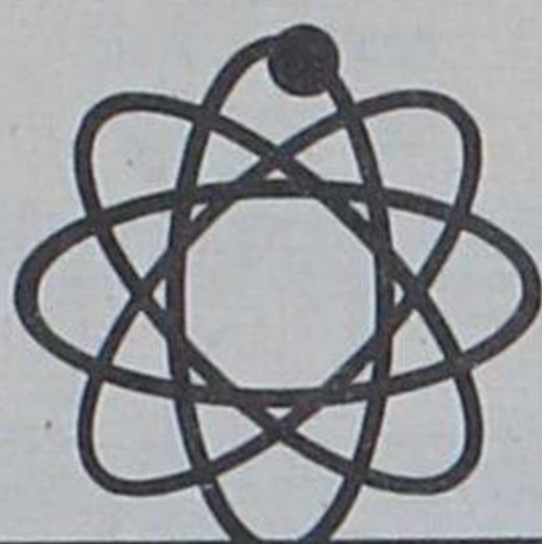


Tabla 2. Física.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Dortmund	74,3
2	Oldenburg	70,3
3	GHS Siegen	70,0
4	Darmstadt, TH	68,9
5	GHS Paderborn	67,3
6	Bremen	66,7
7	Bayreuth	66,3
8	Osnabrück	67,7
9	Bielefeld	63,9
10	Constanza	63,4
11	Göttingen	62,9
	Würzburg	62,9
13	Sarvebruck	62,7
14	Heidelberg	61,8
15	Marburgo	58,8
16	Ulm	58,2
17	GHS Duisburgo	58,1
18	Giessen	57,2
19	Colonia	57,0
20	Kaiserslautern	56,9
21	GHS Wuppertal	56,1
22	GHS Essen	56,0
23	Düsseldorf	54,9
24	Berlín, FU	54,5
25	Bonn	54,0
26	Frankfort	53,6
27	Kiel	52,7
28	Hannover	52,5
29	Maguncia	52,2
30	Erlangen-Nürnberg	51,2
31	Regensburg	50,4
32	Tübingen	50,1
33	Münster	48,0
34	Aquisgrán, RWTH	47,8
35	Karlsruhe	47,6
36	Berlín, TU	46,7
37	Hamburgo	46,3
38	Brunswick, TU	45,1
39	Munich	44,5
40	Stuttgart	44,2
41	Friburgo	43,2
42	Munich, TU	42,8
43	Bochum	42,7

Tabla 3. Biología.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Bielefeld	69,4
2	Erlangen-Nürnberg	62,2
3	Constanza	60,8
4	GHS Cassel	60,5
5	Hannover	59,7
6	Würzburg	58,2
7	Kaiserslautern	55,2
8	Bremen	55,1
9	Darmstadt, TH	53,6
10	Kiel	42,1
11	Bayreuth	51,9
	Hamburgo	51,9
	Colonia	51,9
14	Hohenheim	51,7
15	Oldenburg	51,1
	Sarrenbruck	51,1
17	Regensburg	50,9
18	Tübingen	50,1
19	Bochum	50,0
20	Marburgo	49,7
21	Berlín, FU	49,1
22	Ulm	48,3
23	Osnabrück	46,6
24	Frankfort	45,6
	Aquisgrán, RWTH	45,6
26	Düsseldorf	45,3
27	Bonn	45,0
28	Heidelberg	44,4
	Karlsruhe	44,4
30	Göttingen	43,5
31	GHS Essen	43,2
32	Munich	41,9
33	Giessen	41,4
	Munich, TU	41,4
35	Friburgo	40,8
36	Maguncia	40,4
37	Brunswick, TU	38,8
38	Münster	34,4



Tabla 4. Política y Ciencias Sociales.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Bielefeld	75,2
2	Düsseldorf	64,4
3	Hannover	60,7
4	Osnabrück	60,2
5	Bremen	59,4
6	Mannheim	57,4
7	Wuppertal, GHS	56,0
8	Bamberg	55,0
	Sarrenbruck	55,9
10	Aquisgrán, RWTH	55,1
11	Regensburg	55,0
12	Constanza	52,3
13	Marburgo	52,2
14	Kiel	51,6
15	Augsburgo	51,5
16	Giessen	50,4
17	Darmstadt, TH	50,2
18	Maguncia	50,1
19	Würzburg	48,9
20	Tübingen	48,8
21	Tréveris	48,6
22	Colonia	47,0
23	Göttingen	46,9
24	GHS Duisburg	46,3
25	Frankfort	46,1
26	Brunswick, TU	45,6
27	Berlín, FU	45,4
28	Bochum	44,8
29	Bonn	44,6
30	Münster	44,4
31	Heidelberg	44,3
32	Friburgo	43,5
33	Erlangen-Nürnberg	42,6
34	Oldenburgo	42,2
35	Hamburgo	41,8
36	Stuttgart	40,9
37	Munich	39,4
38	Berlín, TU	29,8

**Tabla 5. Química.**

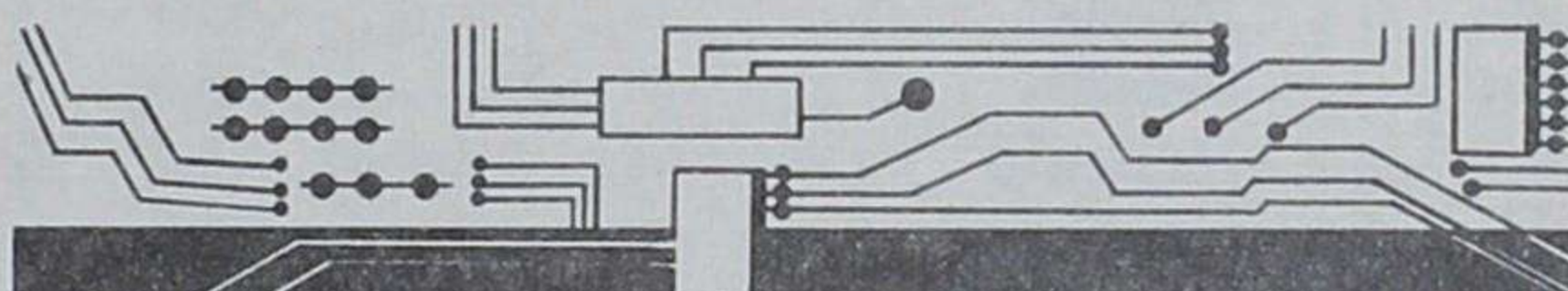
Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Düsseldorf	78,2
2	Dortmund	76,4
3	Constanza	70,8
4	Clausthal, TU	69,3
5	Giessen, GHS	68,2
6	Colonia	68,1
7	Paderborn, GHS	65,7
8	Bielefeld	65,1
9	Maguncia	64,8
10	Wuppertal, GHS	64,3
11	Berlín, TU	64,2
12	Essen, GHS	62,4
13	Bayreuth	61,9
14	Würzburg	60,6
15	Duisburg, GHS	60,3
16	Sarrebruck	59,8
17	Marburgo	57,9
	Kiel	57,9
19	Regensburg	56,0
20	Bremen	55,7
21	Karlsruhe	55,4
22	Tübingen	53,4
23	Bonn	53,0
24	Göttingen	51,9
25	Kaiserslautern	51,5
	Oldenburgo	51,5
27	Darmstadt, TH	50,9
	Berlín, FU	50,9
29	Giessen	50,5
30	Friburgo	50,1
31	Hamburgo	49,4
32	Bochum	49,3
33	Aquisgrán, RWTH	48,6
34	Frankfort	48,2
35	Heidelberg	47,7
36	Münster	47,1
37	Erlangen-Nürnberg	47,0
38	Munich	46,8
39	Hannover	46,1
40	Brunswick, TU	45,3
41	Munich, TU	39,6
42	Stuttgart	39,5

**Tabla 6.** Ingeniería.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Paderborn, GHS	68,8
2	Clausthal, TU	63,3
3	Siegen, GHS	63,2
4	Bremen	61,7
5	Wuppertal, GHS	57,9
6	Kaiserslautern	56,7
7	Erlangen-Nürnberg	55,5
8	Stuttgart	53,6
9	Berlin, TU	53,3
10	Brunswick, TU	52,8
11	Bochum	52,3
12	Duisburgo, GHS	51,7
13	Darmstadt, TH	47,6
14	Karlsruhe	47,4
15	Hannover	47,3
16	Dortmund	46,7
17	GHS Essen	46,4
18	GHS Cassel	46,3
19	Munich, TU	43,8
20	Aquisgrán, RWTH	43,3

**Tabla 7.** Informática.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Sarrenbruck	63,1
2	Erlangen-Nürnberg	62,1
3	Clausthal, TU	58,6
4	Kaiserslautern	55,1
5	Aquisgrán, RWTH	53,6
6	Passau	53,1
7	Bremen	50,9
8	Bonn	50,7
9	Karlsruhe	50,0
10	GHS Paderborn	47,5
11	Frankfort	46,7
12	Darmstadt, TH	43,2
13	Dortmund	42,4
14	Munich, TU	41,4
15	Hamburgo	40,3
16	Oldenburgo	40,1
17	Stuttgart	39,7
18	Kiel	37,1
19	Brunswick, TU	35,8
20	Berlin, TU	33,2

**Tabla 8.** Electrónica.

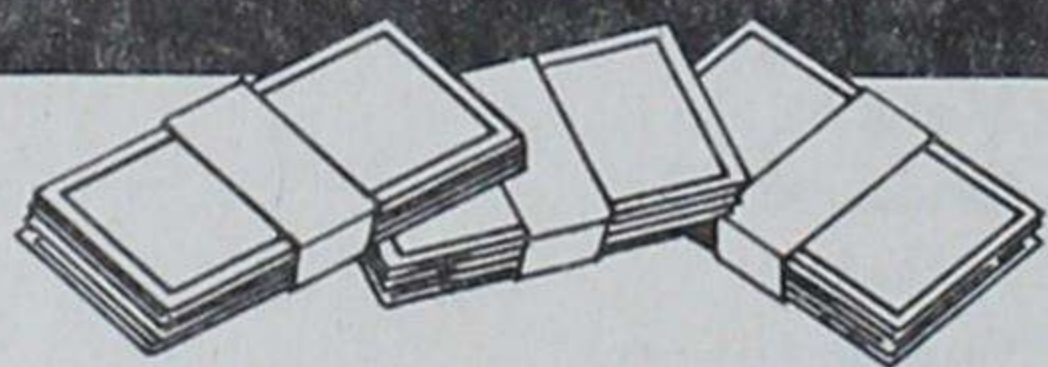
Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Paderborn, GHS	72,6
2	Erlangen-Nürnberg	64,4
3	Siegen, GHS	62,0
4	Bochum	58,9
5	Wuppertal, GHS	56,9
6	Sarrenbruck	54,8
7	Bremen	53,2
8	Berlin, TU	52,6
9	Darmstadt, TH	51,3
10	Kaiserslautern	49,2
11	Dortmund	47,3
12	Hannover	47,1
13	Munich, TU	46,9
14	Brunswick, TU	45,8
15	Karlsruhe	45,2
16	Stuttgart	45,1
17	Duisburgo, GHS	44,5
18	Aquisgrán, RWTH	42,4
19	Cassel, GHS	42,1
20	Hamburgo	39,6



SPIEGEL-Rangliste der westdeutschen Hochschulen

Tabla 9. Economía.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Dortmund	66,0
2	Wirzburgo	66,2
3	Tréveris	59,3
4	Siegen, GHS	55,4
5	Kiel	55,3
6	Duisburgo, GHS	54,8
	Augsburgo	54,8
8	Aquisgrán, RWTH	54,1
9	Paderborn, GHS	53,7
10	Karlsruhe	53,3
11	Cassel, GHS	53,2
12	Bochum	53,0
13	Marburgo	52,6
14	Heidelberg	51,3
15	Bayreuth	50,1
16	Passau	49,6
17	Constanza	49,5
18	Hohenheim	49,1
19	GHS Wuppertal	49,1
20	Berlín, TU	48,9
21	Sarrenbruck	48,1
	Regensburgo	48,1
23	Bamberg	46,9
24	Erlangen-Nürnberg	46,6
25	Münster	45,9
26	Bielefeld	45,6
27	Maguncia	45,4
28	Hamburgo	44,7
29	Bremen	44,4
30	Bonn	44,1
	Göttingen	44,1
32	GHS Essen	44,0
33	Friburgo	43,6
34	Frankfort	43,4
35	Osnabrück	43,1
36	Stuttgart	42,8
37	Oldenburgo	42,1
38	Berlín, FU	41,5
39	Colonia	41,2
40	Munich	40,9
41	Tübingen	40,0
42	Giessen	38,7
43	Mannheim	38,3
44	Hannover	36,9



1.º 2.º 3.º

Tabla 10. Matemáticas.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Siegen, GHS	77,0
2	Duisburgo, GHS	70,0
3	Mannheim	66,0
	Oldenburgo	66,0
5	Bielefeld	64,6
6	Regensburgo	64,1
7	Berlín, FU	63,2
8	Osnabrück	63,0
9	Maguncia	62,6
10	Sarrenbruck	61,9
11	GHS Wuppertal	60,9
12	Giessen	60,8
13	Götting	60,1
14	Darmstadt, TH	77,0
15	GHS Essen	59,6
16	Tübingen	59,1
17	Augsburgo	58,6
18	Karlsruhe	58,4
19	Dortmund	56,9
20	Würzburg	56,2
	Hannover	56,2
22	Heidelberg	55,6
23	Bremen	55,4
24	Düsseldorf	55,3
25	Stuttgart	53,3
26	Colonia	53,1
27	Aquisgrán, RWTH	52,9
28	Tréveris	52,6
29	Bonn	52,5
30	Ulm	50,6
31	Munich, TU	50,3
32	Munich	49,4
33	Kiel	49,2
34	Erlangen-Nürnberg	47,7
35	Hamburgo	47,3
36	Münster	46,7
37	Brunswick, TU	45,8
38	Frankfort	41,8
39	Bochum	39,2
40	Berlín, TU	38,8
41	Friburgo	38,1



Tabla 11. Clasificación de universidades de los EUA según la revista *U.S. News and World Report* (1989). Esta tabla se tomó de la revista *Der Spiegel*.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Yale (Conn.)	100.0
2	Princeton (N.J.)	99.2
3	Harvard College and Radcliffe College (Mass.)	97.6
4	California Institute of Tec. CALTECH	97.2
5	Duke (N.C.)	94.3
6	Stanford	94.2
7	MIT	90.6
8	Dartmouth College (N.H.)	89.8
9	Chicago (Ill.)	88.5
10	Rice (Tex.)	84.8
11	Cornell (N.Y.)	
	Columbia (N.Y.)	84.7
13	California Berkeley	83.6
14	Johns Hopkins (Md.)	83.2
15	Brown (R.I.)	82.5
16	California, Los Angeles	81.4
17	Michigan	80.7
18	North Carolina, Chapel Hill	80.2
19	Northwestern (Ill.)	80.0
20	Pennsylvania	79.8
21	Virginia	78.3
22	Washington (Mo.)	76.5
23	Notre Dame (Ind.)	74.2
24	Vanderbilt (Tenn.)	74.0
25	Georgetown (D.C.)	72.7



Tabla 12. Clasificación de universidades británicas publicadas en 1989. Los datos se tomaron de la revista *Der Spiegel*. La escala de puntos es diferente a la usada en las clasificaciones norteamericana y alemana.

Lugar	Universidad	Porcentaje
1	Cambridge	4.7
2	Imperial (Londres)	4.6
	Oxford	4.6
4	UC London	4.3
5	Warwick	4.1
6	LSE	4.0
7	Bristol	3.8
8	UMIST	3.7
	York	3.7
10	Manchester	3.6
11	Essex	3.4
	Sussex	3.4
13	Edinburg	3.3
	Liverpool	3.3
	Southampton	3.3
16	Durham	3.2
	Lancaster	3.2
	Nottingham	3.2
	QMC London	3.2
	Sheffield	3.2
21	Birmingham	3.1
	East Anglia	3.1
	Leeds	3.1
	Newcastle	3.1
25	Birkbeck	3.0
	King's London	3.0
	Surrey	3.0
28	Cardiff	2.9
	Exeter	2.9
	Glasgow	2.9
	Reading	2.9
	St. Andrews	2.9
33	Aberystwyth	2.8
	Bath	2.8
	Leicester	2.8
	Swansea	2.8
37	Aberdeen	2.7
	Kent	2.7
39	Aston	2.6
	Loughborough	2.6
41	Bangor	2.5
	Dundee	2.5
	Hull	2.5
	Royal Holloway	2.5
45	Bradford	2.4
	Strathclyde	2.4
47	Belfast	2.3
	Heriot Watt	2.3
49	Stirling	2.2
50	Brunel	2.1
	Ulster	2.1
52	City	2.0
	Keele	2.0
	Salford	2.0

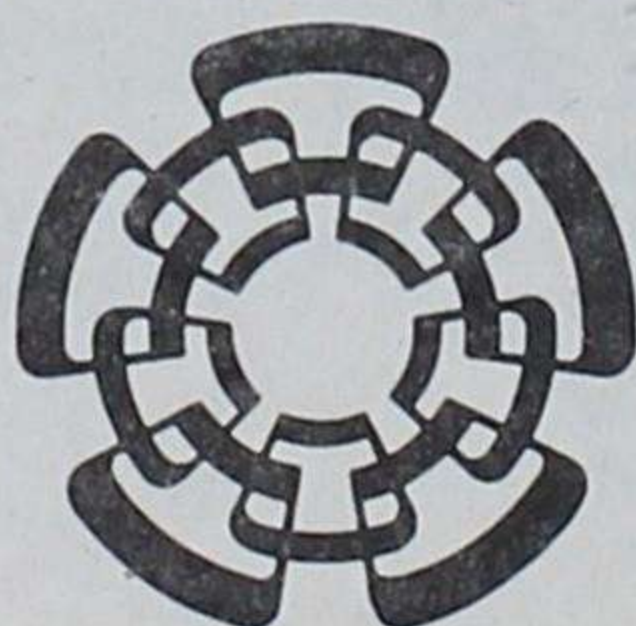
20

Curso Internacional de Tópicos Selectos sobre el Cultivo de Microalgas

22-26 de junio de 1992

México, D.F.

Con motivo del XX Aniversario del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, se extiende una cordial invitación para participar en el Segundo Curso Internacional de Tópicos Selectos sobre el Cultivo de Microalgas, que tendrá lugar en las instalaciones del CINVESTAV de la Ciudad de México del 22 al 26 de junio de 1992.



Para mayores informes, dirigirse a:

M. en C. Rosa Olivia Cañizares V.
Departamento de Biotecnología y Bioingeniería,
CINVESTAV-IPN,
Ave. Instituto Politécnico Nacional # 2508,
Apdo. Postal 14-740, México, D.F. 07000.
Tel. (5) 752 06 77 ext. 3906 y 3942
Fax (5) 752 05 90 y 586 62 90

La deserción escolar en la educación superior: enfoques y causas

Se analizan las diversas manifestaciones con que se presenta la deserción escolar en la educación superior del país y sus diferentes concepciones.



Foto: Der Spiegel.

J. Eliezer de los Santos V.

Contexto nacional

Si bien es cierto que cada día un mayor número de mexicanos accede a niveles más altos de escolaridad, también es cierto que "persisten aún mu-

chos de los grandes problemas nacionales, como las profundas desigualdades socioeconómicas, la marginación social de un alto número de ciudadanos, la miseria extrema y un enorme rezago educativo: un millón de indígenas que no hablan castellano, dos millones de niños en edad escolar que no tienen acceso a la educación primaria, seis millones de adultos analfabetas y cerca de 21 millones de mexicanos que no terminaron la primaria... constitucionalmente obligatoria.¹

El Dr. J. Eliezer de los Santos V. es coordinador del programa de investigación y desarrollo académico de la Universidad de Colima, Av. Universidad 333, 28000 Colima, Col. Es doctor en pedagogía de la UNAM y obtuvo su maestría en ciencias (Investigaciones Educativas) en el Cinvestav.

En lo que se refiere a la educación superior, en los últimos 20 años se ha producido un fuerte incremento en la matrícula y una relativa democratización en las oportunidades para acceder a ella. Como secuela de la recesión económica del país, agudizada a partir de 1982, hay un evidente retroceso en el crecimiento, propiciado entre otros factores por los costos tanto directos como de oportunidad de la educación superior, y que afectó de manera más clara a los sectores sociales menos favorecidos.

Eficiencia terminal

Se deben destacar los elevados índices de absorción de los egresados del bachillerato en los programas de licenciatura. No obstante, la magnitud de la matrícula de primer ingreso no corresponde con el número de egresados.

Según las cifras disponibles, y con base en el análisis de series históricas² (15 generaciones, que comprenden desde 1970-1975 a la de 1984-1989), es posible estimar que la eficiencia terminal en las instituciones de educación superior, es decir, el egreso con relación al primer ingreso cinco años antes, difícilmente sobrepasa el 60%: "La eficiencia terminal de la educación superior llegó a su punto más bajo en la generación 1974-1979 (44.5%) y a partir de esa fecha ha mejorado hasta alcanzar cerca del 60% como promedio nacional; la brecha entre el primer ingreso y el egreso se amplía a partir de 1970; esa baja eficiencia terminal, aunque sufre variaciones de institución a institución, afecta en general a todas las instituciones del país, incluyendo a las privadas, cuya eficiencia es en algunos casos sólo ligeramente superior a la de las públicas. Las principales diferencias se dan más bien entre áreas de estudio y carreras que entre instituciones; según investigaciones específicas, la deserción estaría afectando sobre todo a los estudiantes de menor ingreso relativo, y se inicia desde el momento de la inscripción. La eficiencia terminal, también, sufre variaciones según las condiciones sociogeográficas del país, guardando correlación con el grado de desarrollo de las mismas".³

En este contexto, el fenómeno de la deserción —y con él el de la baja eficiencia terminal—, ligado a la estructura jerárquica y gradual del siste-

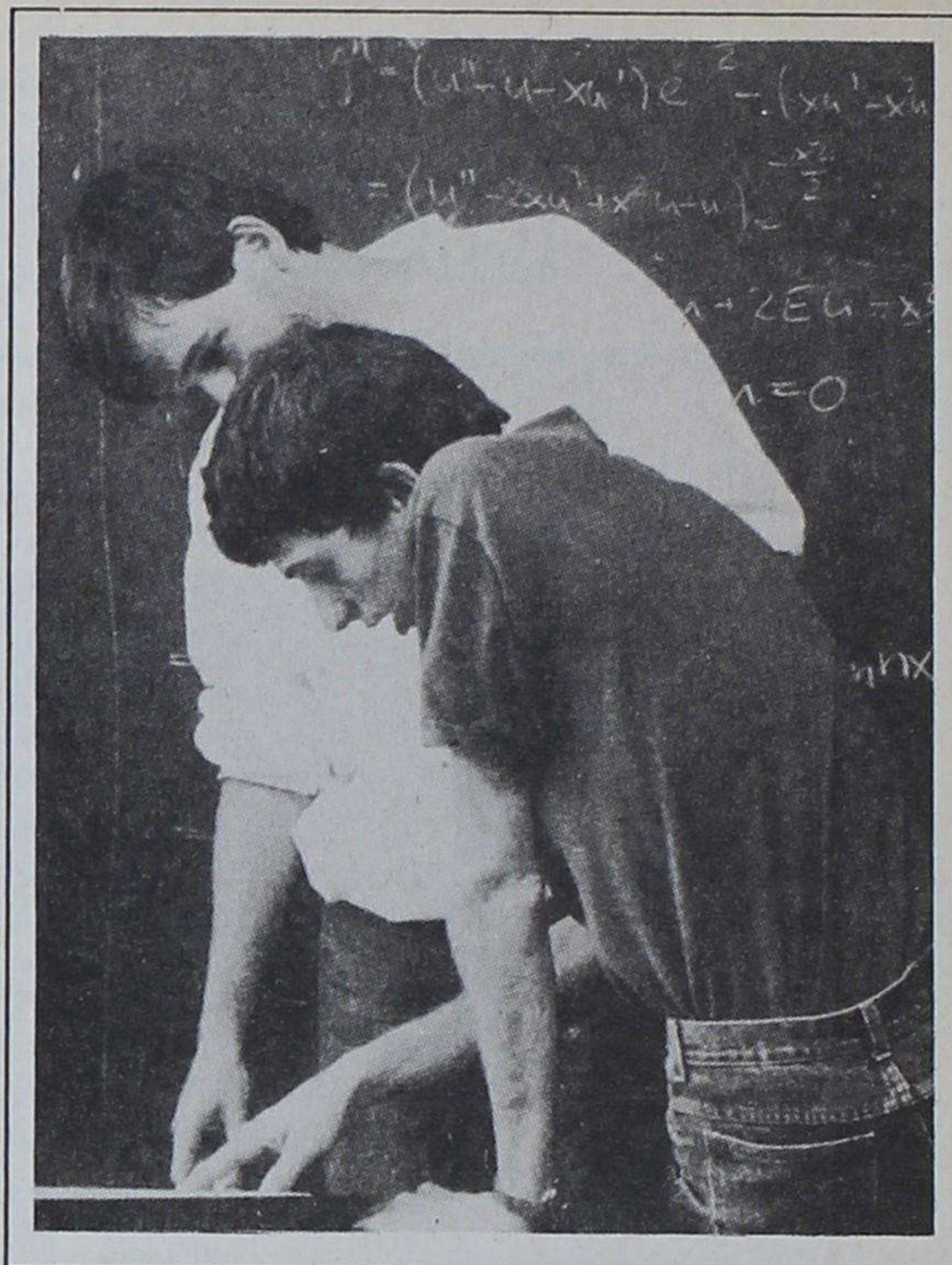


Foto: Der Spiegel.

ma escolar y de las oportunidades que éste ofrece, ha sido objeto de atención desde tiempo atrás: "La deficiencia de los recursos a lo largo de todos los niveles fue de los primeros resultados fácilmente sistematizables en México, tal vez por evidentes. Se descubrieron también hace varias décadas las correlaciones —ahora lugar común— entre las condiciones socioeconómicas de existencia de la población y sus posibilidades de acceder a la escuela y permanecer en ella; al mismo tiempo, se demostró que escuelas, maestros y presupuestos se distribuyen también en correlación con las condiciones socioeconómicas del país. Recientemente se hicieron estudios sobre el proceso escolar de la deserción en el sentido de que se generan a partir del ausentismo malas calificaciones, reprobación, desinterés por el estudio, entre otros aspectos. Se destaca, sin embargo, que enfocar el abandono del sistema escolar estrictamente desde estos ángulos conduce al serio peligro de exonerar al sistema escolar de cualquier complicidad o incidencia en este tipo de resultados".⁴

Con estas consideraciones se plantea que "la organización de la escuela, sus formas de operar, la

manera en que se establecen a través de esta institución los contenidos y su reglamentación y ordenación de manera unitaria, la determinación del tiempo disponible para hacerlo y el orden en que hay que hacerlo, constituyen ahora el centro de atención. Se pretende transformar lo que muchas veces se denominó la caja negra de la educación en una realidad susceptible de ser investigada: la institución escolar y la acción y estructuración del acceso social al conocimiento a través de ella y de la práctica cotidiana de maestros y alumnos.⁴

El sistema educativo mexicano, no obstante sus avances en lo que se refiere a su cobertura, padece aún importantes limitaciones y obstáculos para el cumplimiento de sus propios objetivos. El análisis de las cifras refleja "una realidad caracterizada por la existencia de un proceso reductivo, marcado y continuo, que se inicia desde el momento en que una cohorte de niños ingresa a la primaria, y continúa hasta la finalización del ciclo de enseñanza superior. En el transcurso del ciclo primario, más del 50% de los niños queda realmente excluido, en algún momento, de ese ciclo".⁵ Los datos disponibles señalan que "de cada 100 niños que ingresan al primer año de primaria, únicamente 33 ingresarán a la secundaria; de ellos solamente 13 terminarán la preparatoria, y 4 llegarán a inscribirse en la universidad".⁶ De estos últimos podemos añadir que tan sólo 2 lograrán egresar del ciclo de educación superior.

Este proceso de exclusión tiene diversas manifestaciones, y se puede decir que "en algunos casos se trata de procesos selectivos originados en el trabajo académico (la reprobación, por ejemplo) y, en otros, de procesos de autoexclusión originados fuera de la escuela y del ámbito académico. Dicho de otra manera, se conjugan aquí tanto los procesos de selección por la escuela, como los de autoselección por los estudiantes y/o sus familias".⁵

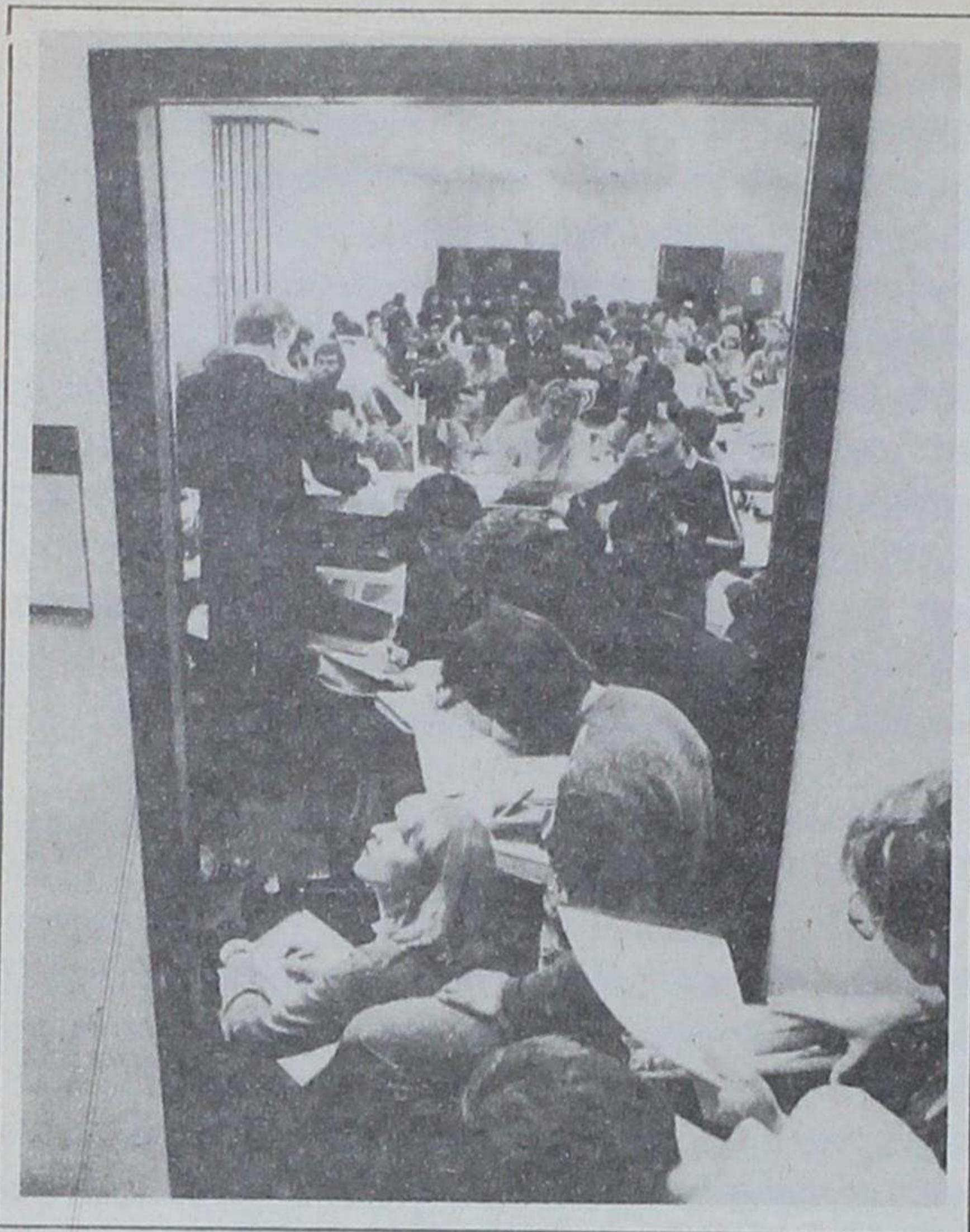
El elevado índice de absorción de la demanda de educación superior proveniente del bachillerato constituye una de las más importantes características de la educación superior en México. Sin embargo, "este elevado índice de absorción no se conserva a lo largo del tiempo que se requiere regularmente para completar los estudios de licenciatura, lo cual es uno de los indicadores que ex-

presan la cantidad de problemas que afectan el recorrido escolar después del primer ingreso y hasta cumplir con todos los requerimientos del egreso. Para el estudio de estos procesos, otro problema lo constituyen las estadísticas disponibles, que no ofrecen información útil en el análisis preciso del índice de deserción o de permanencia en la escuela. Las estadísticas permiten únicamente hacer apreciaciones globales con base en cifras que agregan totales de primer ingreso y egreso sin discriminar en este último caso todos los movimientos escolares de reprobación o suspensión temporal de los estudios"³, entre otros elementos.

Digresión semántica

Los fenómenos de la deserción y de la eficiencia terminal empañan los logros alcanzados por la cobertura cada vez mayor de los sistemas educacionales. Se han convertido, además, en materia de intensa controversia teórica y empírica. Su naturaleza amerita por tanto que se les ubique adecuadamente con el propósito de clarificar el fenómeno global. Partiendo de una análisis semántico, Covo⁷ señala que en el caso de la deserción se está utilizando un término usual en el ámbito militar cuyos sinónimos son: "traición, defección, alevosía, abandono, apostasía, huida, felonía, perfidia, infidelidad, abjuración". Todos ellos se refieren, además, a actos y actitudes asumidos por el individuo desertor, en este caso, el alumno.

En la literatura norteamericana referida al mismo fenómeno, continúa Covo, el término utilizado con más frecuencia es el de *drop out*. En nuestra lengua no existe un equivalente directo, si bien de acuerdo con Velázquez⁸ se podría utilizar, en ciertos contextos, desaparecer. Se trataría aquí de un término menos severo que el que se usa en español, pero de igual manera alude a algo que hace el individuo: el alumno desaparece como tal. Más recientemente, algunos autores norteamericanos han empezado a utilizar nuevos términos para referirse de manera genérica a todos los fenómenos relacionados con lo que, quizá, pudiera identificarse como la pérdida de estudiantes, sea cual sea su causa o el plano desde el que se le observa (por ejemplo, desde el punto de vista de la institución o desde el punto de vista del alumno). Así, encontramos en algunos textos⁹ re-



cientes el uso del término *student attrition*. *Attrition*, según Velázquez, es el equivalente en inglés de rozadura, colisión, trituración o molimiento de una cosa sobre otra. Ninguno de ellos parece servir en el contexto de la escuela. Sin embargo, todos ellos se refieren a un proceso de pérdida, desgaste o merma y quizá éstos sean una traducción, en este contexto, más fiel de ese término. En todo caso, se observará que la palabra *attrition* parecería reflejar un esfuerzo por identificar el fenómeno de manera más bien descriptiva, evitando nuevamente el uso de palabras con connotación valorativa establecida.

En el texto de Tinto⁹ aparece el uso del término *student departure*, que se refiere a la partida del alumno, y que ofrece un intento por describir un fenómeno que tiene múltiples causas; intenta dar cuenta de que aun para el alumno que *parte*, el efecto de la partida sobre sí mismo y su futuro puede ser variable. En México, ya en 1979, apareció un estudio muy extenso en el que el fenómeno es identificado bajo el término de *abandono*⁹.

La deserción se concibe también como “la no inscripción por parte del alumno en las fechas correspondientes al plan de estudios de su cohorte,

ni reinscripción en períodos ya cursados;”¹⁰ como “el abandono del sistema por voluntad del educando”;¹¹ se considera entonces desertor “al alumno que ha abandonado todo sistema escolar”;¹² asimismo, se supone que es un “proceso que se inicia con el retraso progresivo, la disminución del ritmo de los estudios hasta el desenlace final, el abandono definitivo.”¹³

En lo que respecta a la eficiencia terminal, ésta se ha definido como “la relación cuantitativa entre los alumnos que ingresan y los que egresan de una cohorte”¹⁰. Se concibe también como “la medición del número de egresados en relación con el número de primer ingreso, en una cohorte que cubra el tiempo de duración de una carrera”¹⁴, “indicador que expresa la capacidad para lograr que quienes inician un nivel educativo determinado se gradúen satisfactoriamente en el mismo”¹⁵. La eficiencia terminal “es la relación existente entre el producto y los insumos utilizados, donde el producto será el número de egresados que concluyen sus estudios, y los insumos el personal docente y los recursos financieros, midiendo la eficiencia terminal a partir del flujo de población escolar en sus tres momentos: el primer ingreso, último grado, y egreso.”¹⁶ El término se puede definir también como la “relación entre el número de alumnos que se inscriben en una carrera profesional, conformando a partir de ese momento una determinada generación, y los que logran egresar de la misma generación después de acreditar todas las asignaturas correspondientes a los currícula de cada carrera, en los tiempos estipulados por los diferentes planes vigentes de estudio”,¹⁷ y como “indicador que nos permite conocer y comparar la tasa de primer ingreso contra la tasa de egresados en ciertos intervalos de tiempo”.¹⁸ Es de observar que el término de eficiencia terminal es de reciente cuño en el análisis de los procesos que se señalan, y que su origen “se ubica en el ámbito de la producción industrial, lo cual significa que su uso también puede llevar una carga valorativa y aun ideológica, implícita o explícita.”⁷

Teorías de la deserción

Ante las planteamientos enunciados, y desde diferentes perspectivas y enfoques, se proponen diver-

sas causas para este fenómeno.¹⁹ Las teorías psicológicas plantean que la deserción estudiantil constituye el reflejo de acciones individuales y que, por consiguiente, se debe en gran medida a la capacidad o disponibilidad de los individuos para cumplir exitosamente las tareas asociadas con la asistencia a la escuela. Se considera también a la deserción como producto de algún tipo de limitación y/o debilidad del individuo. Desde este punto de vista la deserción o el abandono de los estudios es asumida como reflejo del fracaso personal para estar a la altura de las exigencias de la vida escolar.

Por su parte, las teorías sociales plantean que la deserción debe entenderse no como acontecimiento individual aislado, sino como parte de un proceso de estratificación social más amplio, que opera para preservar los patrones existentes de desigualdad social y educativa. La deserción debe verse desde la perspectiva de cómo contribuye a reforzar la desigualdad social en general. Así, se sostiene que el estatus individual, la raza y el sexo, son indicadores importantes del éxito estudiantil, y que las elevadas tasas de deserción reflejan el deseo intencional de las organizaciones educativas de restringir las oportunidades educativas y sociales a grupos particulares de la sociedad. A su vez, los teóricos estructural-funcionalistas consideran que los resultados de la escolarización reflejan la disputa ampliamente meritocrática que existe entre los individuos por el logro social. Las diferencias en el logro educativo, y por consiguiente los patrones de deserción estudiantil, tienden a reflejar las diferencias en herramientas y habilidades individuales más que el estatus social *per se*. Aunque los orígenes sociales tal como están definidos tienen cierta importancia, resultan ser menos sobresalientes que aquellos atributos de los individuos y las organizaciones que tienen un impacto más directo sobre su habilidad para competir en el mercado académico.

A su vez, la afirmación central de las teorías organizacionales estriba en que la deserción es un reflejo de la conducta institucional como lo es de la conducta de los individuos dentro de un marco institucional. Al igual que sucede en organizaciones laborales, se sostiene, las tasas institucionales de retención-deserción se verían mejoradas por políticas institucionales que incrementen la participación estudiantil y aumenten los reconocimientos

o estímulos que obtienen por su trabajo en la institución.

Las teorías económicas plantean que las decisiones individuales en cuanto a la persistencia en los estudios no son sustancialmente diferentes de cualquier otra decisión económica que sopesa los costos y los beneficios de caminos alternativos para invertir los escasos recursos económicos del individuo. De esta manera, la deserción y la retención reflejan fuerzas económicas, especialmente las que influyen sobre los beneficios vinculados tanto a una educación universitaria como a los recursos financieros que los individuos pueden aportar para hacer frente a la inversión que supone el continuar asistiendo a la escuela.

Las teorías interaccionales sobre la deserción afirman que la escuela es muy semejante a otras comunidades humanas, y que los procesos de persistencia-deserción son muy semejantes a aquellos procesos que influyen en el establecimiento de membresías comunitarias. En el modo polifacético de una universidad, se considera que las decisiones estudiantiles de deserción están influidas por las experiencias sociales e intelectuales de los individuos en las diversas comunidades que conforman el mundo de la universidad. Así, las decisiones de desertar reflejan la interpretación que hace cada individuo de tales experiencias y, por consiguiente, aquellos atributos personales que están asociados con la cuestión de cómo interactúan con el mundo que les rodea y cómo llegan a darle un sentido.

Causas sociales

Por nuestra parte, siguiendo a Covo⁷, consideramos que el problema de la deserción, y con él los del rezago y la eficiencia terminal, "pueden ser en principio concebidos como tres facetas de un mismo fenómeno que suele manifestarse al interior de la escuela y que obedece a una compleja dinámica en la que se entrelazan factores de orden individual, familiar, social e institucional, actores referidos en todo caso al desempeño escolar de los alumnos y al desempeño de la institución en que están inscritos... y que la discusión acerca de estos factores parece requerir centrarse en torno al fenómeno de la deserción puesto que la información y

los análisis con los que se cuenta tienden a indicar que el rezago es una de sus causas y la eficiencia terminal su consecuencia institucional. Estos elementos requieren, por su naturaleza, un análisis integral e integrado que parta de la comprensión de la multiplicidad de causas que los originan". Habría que señalar aquí que el abandono escolar no constituye un fenómeno cuya explicación se agote con el análisis de las dimensiones cuantitativas del individuo que deserta, y que no podremos acceder a su comprensión a partir tan sólo de las características del estudiante.

Así, coincidimos con los planteamientos²⁰ que señalan que se trata en realidad de un fenómeno que responde a una multiplicidad de elementos que se refuerzan mutuamente. Dicho de manera sintética, las condiciones materiales de vida y las características socioculturales de las familias de origen popular determinan el desarrollo de aptitudes y expectativas que no favorecen el éxito escolar. Estas particularidades se ven reforzadas por un tipo de organización escolar y de prácticas pedagógicas que consolidan las bajas probabilidades derivadas del origen social, lo cual crea un circuito causal que se realimenta constantemente.



Sobre el fenómeno de la deserción en nuestro país es posible acudir a información constatada²¹: "45 de cada 100 niños que ingresan a la escuela primaria no terminan este ciclo; 30 de cada 100 no concluyen la secundaria; 49 de cada 100 que se inscriben en educación superior no logran llegar al fin de sus carreras, lo que lleva a pensar que, objetivamente, el sistema ha producido más rezagados que graduados". A pesar del carácter gratuito de la educación primaria y secundaria, y de los subsidios en los niveles de preparatoria y educación superior, los estudiantes que acceden a los estudios profesionales pertenecen predominantemente a los estratos de ingresos medios y altos, y los factores extraescolares son mucho más importantes, para el caso que nos ocupa, que los escolares.

Con perspectivas similares, otros autores²² plantean que las diferentes trayectorias escolares se deben en gran medida a que las actitudes con respecto al éxito, el valor adjudicado a la enseñanza, etc., varían según las clases sociales. Se supone que el sistema de valores del individuo (el alumno) depende de la clase social a la que pertenece y que, descendiendo en la jerarquía social, se encuentran sistemas de valores asociados precisamente a las probabilidades decrecientes de pertenencia y de éxito en el sistema escolar. Esto es, a medida que uno se dirige a personas cuyo estatus socioprofesional es más bajo: (i) se percibe menos la instrucción como un medio eficaz de ascenso; (ii) el éxito significa seguridad material, mejoramiento del confort y no, como en los estratos altos, desarrollo y realización personal; (iii) el éxito es más el resultado de factores que escapan al control del individuo (oportunidad, azar, destino, relaciones) y no un producto de un plan de acción concebido y dominado por el sujeto.

Como colofón, puede decirse que la movilidad y el éxito escolar no estarían concebidos adecuadamente sin referirse a la posición de los individuos en la jerarquía social.

Causas familiares

Por su parte, a partir del análisis macrosociológico, Parsons²³ plantea que los mecanismos generadores de las desigualdades sociales ante la ense-

ñanza están situados a un nivel microsociológico, es decir, que el subsistema familiar juega un papel esencial en el proceso de generación de desigualdades, ya que constituye un sistema de solidaridad, donde cada miembro de una familia comparte un estatus que es el mismo para todos y que caracteriza a la familia. Esto significa que la familia tiene una influencia reguladora sobre las ambiciones escolares de los hijos, y que los mecanismos generadores de desigualdades ante la enseñanza están cada vez menos situados al nivel del sistema social en su conjunto y cada vez más al nivel del medio inmediato del individuo.

Planteadas de manera resumida, otras aproximaciones nos indican que "en condiciones iguales, la probabilidad para un individuo de alcanzar un punto del sistema de enseñanza más deseable que otro, baja con el número de hijos de la familia."²⁴

Con base en resultados obtenidos en países como Italia y México, se plantea también que la estructura familiar, y las relaciones familiares, parecen tener, bajo condiciones iguales, una incidencia importante en los comportamientos escolares. "En condiciones iguales, el nivel escolar varía con el tipo de ambiente familiar que ha podido ser reconstituido: cualquiera que sea la edad, el sexo, el contexto (urbano o rural), o el nivel socioprofesional, un ambiente liberal está asociado en la casi totalidad de los casos a un nivel escolar, como media, más elevado"²⁵ y, de la misma forma, se muestra que: (i) bajo condiciones iguales, el nivel de aspiración social varía con la historia de la familia. Así, el hecho de que alguno de los abuelos haya ejercido una profesión no manual está ligado a un nivel de aspiración escolar, como media, más elevado que el de los adolescentes de origen obrero; (ii) bajo condiciones iguales, el hecho de que uno de los miembros de la familia posea un nivel escolar más o menos elevado está ligado al nivel de aspiración escolar medio."²⁶

Estos diferentes resultados sugieren que el nivel de aspiración escolar depende de la imagen social que la familia tiene de sí misma. Esta imagen, a su vez, es el producto complejo no solamente del estatus socioprofesional del padre, sino también de la historia escolar de los miembros de la familia nuclear.



Conclusiones

Con una perspectiva más globalizadora, Boudon²² plantea que el proceso generador de las desigualdades sociales ante la enseñanza puede ser finalmente descrito de manera diacrónica por el esquema siguiente: (1) la herencia cultural tiene como efecto que en una cierta etapa de la trayectoria universitaria el valor escolar tiende, como media, a decrecer con el estatus social de la familia, e incluso el retraso tiende a ser frecuente a medida que el estatus de la familia es más bajo; (2) luego, la posición social afecta a los parámetros de decisión y contribuye a acentuar las desigualdades. En consecuencia, la situación de clase conduce por el juego de mecanismos intermedios (grupos de referencia, herencia cultural, etc.) a distribuciones diferentes según las clases de éxito. Entonces, la supervivencia de un individuo en el sistema escolar, o en una ramificación del sistema escolar, depende de un proceso de decisión cuyos parámetros son las funciones de la posición social o posición de clase. Por su posición, los individuos o las familias tienen una estimación diferente de los costos, riesgos y beneficios anticipados que se vinculan a una decisión.

En lo que respecta a las desigualdades ante la enseñanza, continúa Boudon, se ha constatado que de un período a otro la probabilidad de acceder a la educación superior se multiplica por un coeficiente mucho más elevado en el caso de las

clases más altas que en el caso de las clases bajas, y que de manera general la desigualdad de oportunidades es mucho más marcada a nivel de enseñanza superior que a nivel de secundaria. La comparación entre los EUA y los países de Europa Occidental sugiere la hipótesis de que los mecanismos que provocan un aumento de las tasas de escolarización propician también una atenuación de las desigualdades. Queda aún por determinar si estos resultados que se observan a nivel macrosociológico pueden ser asociados de manera lógica a los resultados observados a nivel microsociológico.

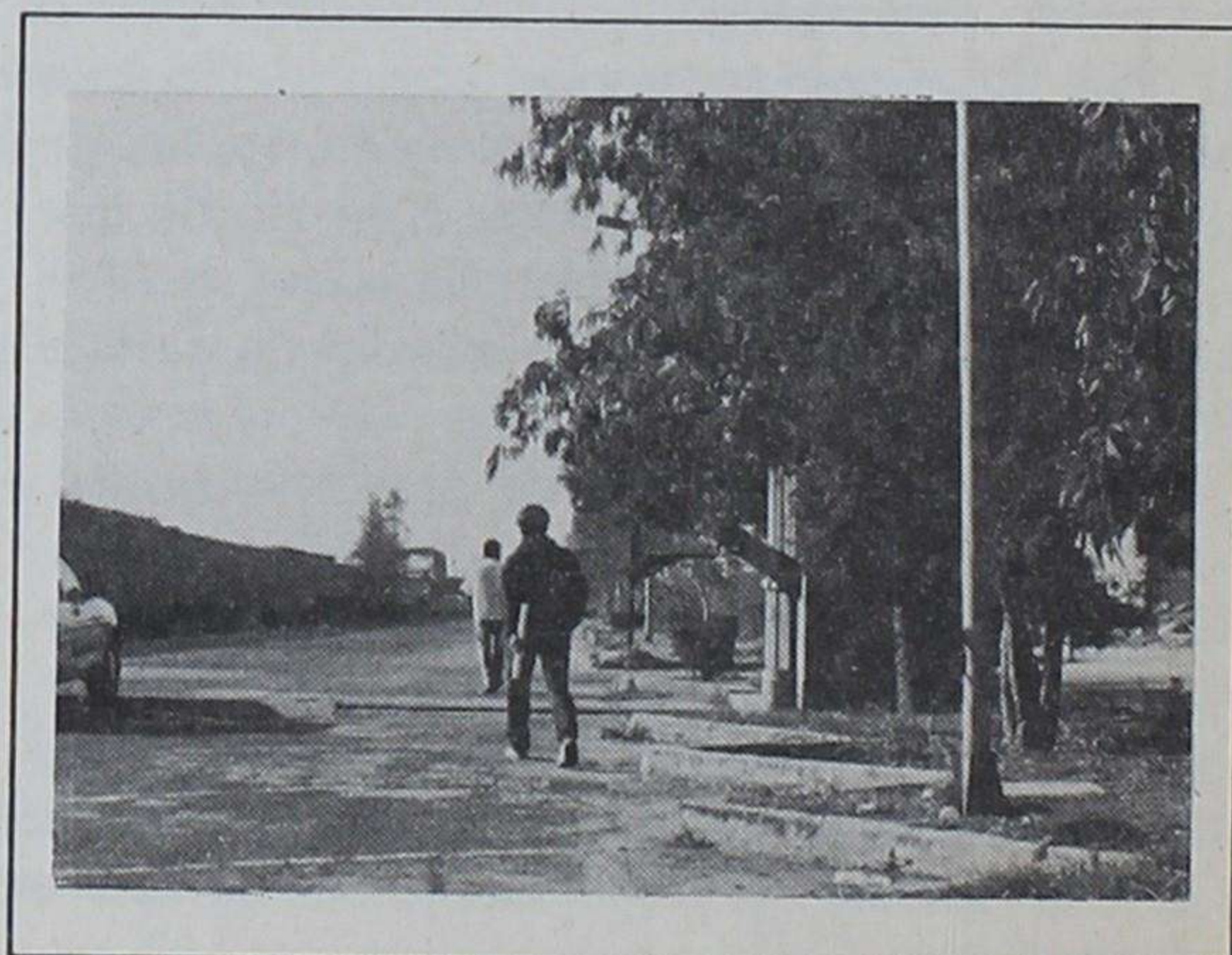
De hecho, se observa una reducción indiscutible de las desigualdades ante la enseñanza, aunque la naturaleza exponencial del mecanismo fundamental que las produce ocasiona que, incluso donde son más débiles, sigan siendo considerables. Si se admite la validez de esta demostración, resulta que las desigualdades ante la enseñanza están, como lo confirman algunos datos diacrónicos, llamadas a decrecer, pero cada vez más lentamente. Es posible aseverar que el único factor capaz de reducir la desigualdad ante la enseñanza, desde una perspectiva no utópica, reside en "la reducción de las desigualdades económicas y, en cuanto a las reformas escolares, aun cuando son excelentes en relación con otros objetivos, es poco probable que puedan tener una incidencia determinante sobre las desigualdades en la escuela."⁶

La hipótesis de que el éxito escolar no es sensible a la influencia de la escuela es un tanto aceptable, no sólo porque conduce a resultados que a nivel global son congruentes con los datos de la observación, sino porque numerosos estudios muestran el carácter secundario de este factor. Trabajos de diferentes autores²⁷ que tienen por objetivo esencial determinar en qué medida las variables características del medio escolar (tipo de formación de los maestros, tipo de estrategias didácticas, facilidades presupuestarias, etc.) ejercen una incidencia sobre las diferencias de éxito escolar en función de los orígenes sociales arrojan un resultado negativo: no parece que las variables escolares afecten la relación entre éxito y orígenes sociales de manera importante. La única variable que tiene un efecto no despreciable desde este ángulo, como se desprende de los trabajos citados, es la composición social del grupo escolar. La proba-

bilidad de un alumno de un medio social determinado está influida por la proporción de alumnos que pertenecen al mismo medio que él.

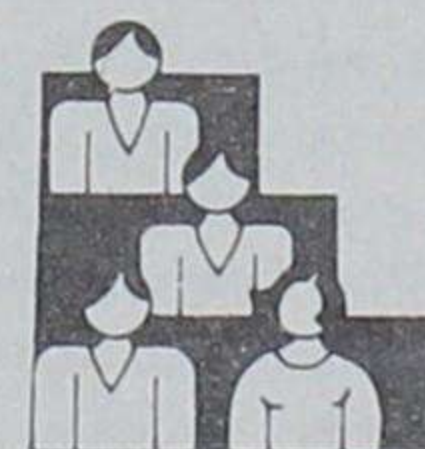
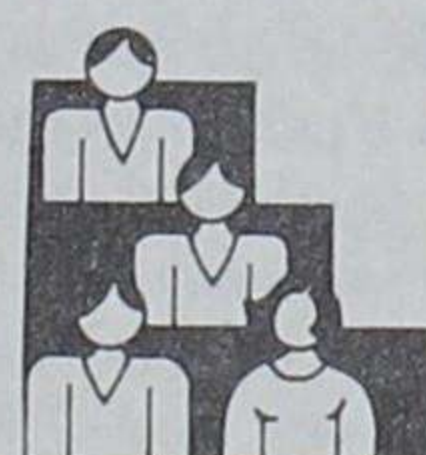
"La distribución de los alumnos en función del éxito deja de estar ligada al nivel cultural de la familia más allá de una cierta etapa de su formación. De aquí se desprende que, a partir de un cierto nivel escolar, el efecto de los cambios pedagógicos sobre las desigualdades sociales ante la enseñanza, comprendidos aquellos que reposan sobre la preocupación de desprender la enseñanza de lo que se llama cultura de clase dominante, debe ser normalmente despreciable. La versión positiva de esta proposición es que los cambios pedagógicos tienen tantas más posibilidades de ejercer un efecto sobre las desigualdades cuando primero aparecen en los niveles más precoces de escolaridad."²²

Lo que los datos muestran en nuestro país es la escasa correspondencia entre el primer ingreso y el egreso, esto es, "que el crecimiento del primer ingreso no ha sido acompañado por un incremento en el número de egresados, lo que respalda la tesis de la atenuación de las desigualdades sociales ante la educación, pero sin que este proceso democratizador haya asegurado las condiciones mínimas de sobrevivencia dentro del nivel para aquellos que ingresaron y que, en todo caso, la denominada masificación de la educación superior ha sido un fenómeno relativo, en tanto que únicamente afectó el momento del acceso."¹⁸



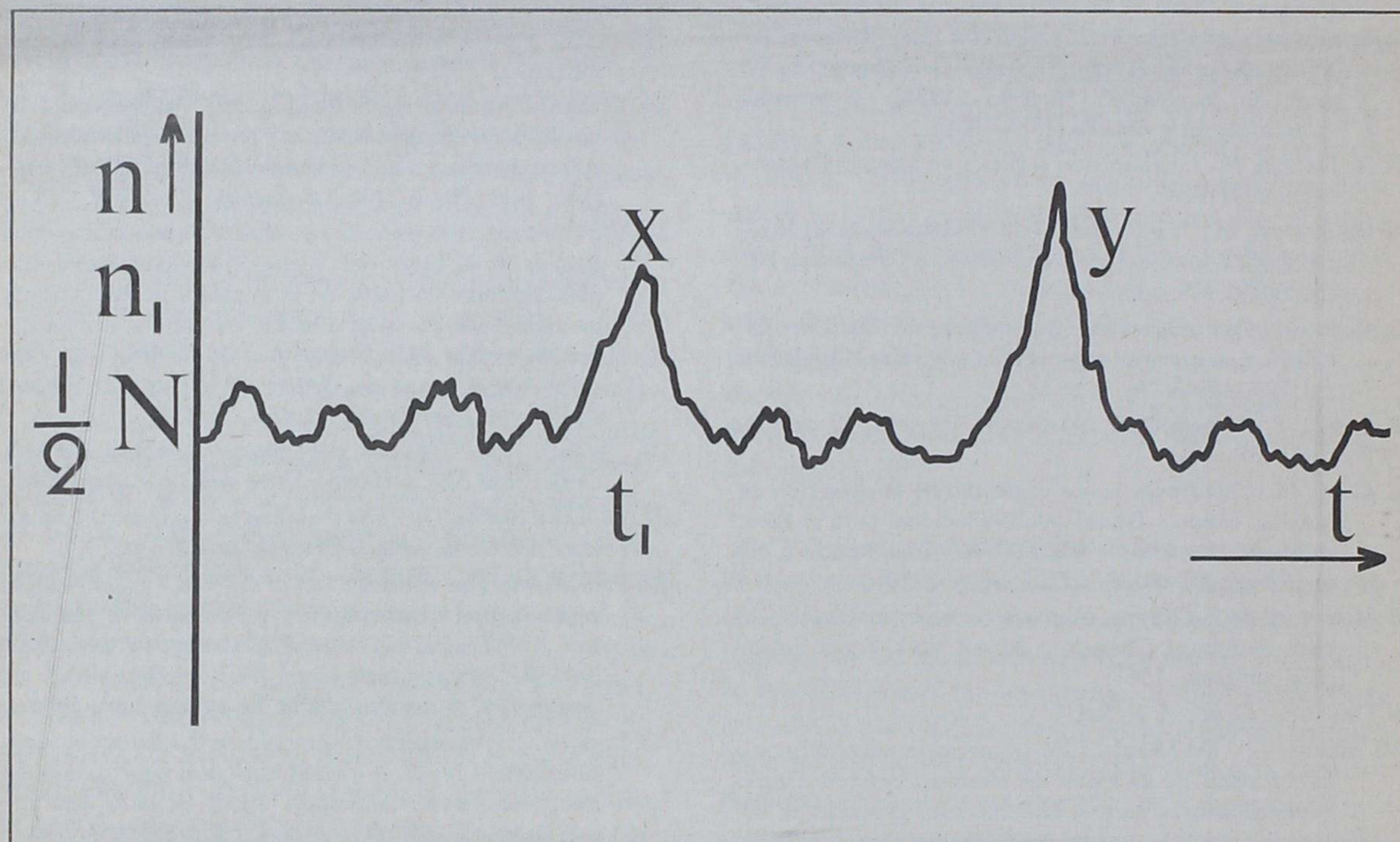
Notas

1. Cueli, J. (Coord.) "El Programa de Modernización Educativa 1989-1994", en *La Jornada*, 21 de octubre de 1989, p. II.
2. Anexos del sector educativo: IV Informe de gobierno de José López Portillo (1980), II Informe de Gobierno de Miguel de la Madrid Hurtado (1984), y anuarios estadísticos de la ANUIES (1980-1989).
3. De Ibarrola, M., *La educación superior en México*, Caracas, CRESALC (1986).
4. De Ibarrola, M., "La formación de investigadores en México: invitación al debate", en *Avance y Perspectiva* No. 29. 1986-1987, pp.13-14.
5. Covo, M., "La universidad: ¿reproducción o democratización?", *Los universitarios: la élite y la masa*, Cuadernos del CESU-UNAM No. 1, p. 21.
6. Latapí, P., "Marginación educativa", *Proceso*, 10 de abril de 1978.
7. Covo, M., *Reflexiones sobre el estudio de la deserción en México*, México. Grupo interinstitucional para el desarrollo del proyecto de eficiencia terminal, rezago y deserción estudiantil. ANUIES. mimeo. 1988.
8. Velázquez de la Cadena, M., *New revised spanish and english dictionary*, Chicago y Nueva York. Follet Publishing company. 1967.
9. Citado por Covo, M. en Ref. 7.
10. Huerta, J., y De Allende, C.M., *Aportación metodológica a la definición de las clases de alumnos*. México. Grupo Interinstitucional para el desarrollo del proyecto de eficiencia terminal, rezago y deserción estudiantil. ANUIES. 1988. mimeo.
11. Poiacina, M. y otros, *Deserción, desgranamiento, retención, repitencia*, Buenos Aires. Kapelusz. 1983.
12. Bruera, C., *Deserción escolar en la Universidad Autónoma de Baja California Sur*, *Rev. Latinoam. Est. Educativos* No. 2. México. CEE. 1983.
13. Graciarena, J., *Algunas hipótesis sobre la deserción y el retraso en los estudios universitarios en Uruguay*. *Rev. Mex. Soc.* No. 4, México, UNAM, 1969.
14. Rangel Guerra, A., *La educación superior en México*, México. El Colegio de México, 1979.
15. Muñoz Izquierdo, C., "Evaluación del desarrollo educativo en México (1958-1970) y factores que lo han determinado". *Revista del Centro de Estudios Educativos* No. 3. México. CEE. 1973.
16. Gálvez, E. y Ríos, H., *La eficiencia de la enseñanza superior en tres universidades*. México. ANUIES. 1974.
17. Camarena, R.M., "Reflexiones en torno al rendimiento escolar y la eficiencia terminal". *Rev. Educ. Sup.* No. 53. México. ANUIES. p. 49.
18. Granja, J., Juárez, R. de Ibarrola, M., "Análisis sobre las posibilidades de permanencia y egreso en cuatro instituciones de educación superior del Distrito Federal". *Rev. Educ. Sup.*, No. 47. México. ANUIES. 1983, p. 7.
19. Ver planteamiento generales y referencias específicas en el trabajo de V. Tinto, Ref. 7, donde se caracterizan estos planteamientos a partir de la literatura norteamericana en los últimos 25 años, y en De los Santos, J.E. *La deserción escolar en la Universidad de Colima*. Tesis para optar por el grado de Doctor en Pedagogía. México. UNAM. Fac. de Filosofía y Letras. 1991.
20. Tedesco, J.C., "Modelo pedagógico y fracaso escolar". *Crítica* Nos. 32-33. México. Univ. Aut. de Puebla. 1987.
21. Guevara Niebla, G., "Los maestros y la educación del futuro", en *La Jornada*. 3 de mayo de 1989, p. 7.
22. Hyman, H., *The values system of different classes: a social psychological contribution to the analysis of stratification*. 1966; Kahl, J. *The american class structure*. 1957; Kahl, J. *Common class boys*. 1961, en Boudon, R. *La desigualdad de oportunidades*. Barcelona. Laia. 1983.
23. Parsons, T., *An analytical approach to the theory of social stratification*. 1949; *A revised analytical approach to the theory of social stratification*. 1953; *Equality and inequality in modern society, or social stratification revisited*. 1970, en Boudon, R. *Op.cit.*
24. Girard, A., *L'origin social des élèves de sixieme*. 1962. En Boudon, R. *Op.cit.*
25. Elder, G., *Family structure and education attainment*. 1965, en Boudon, R. *Op.cit.*
26. Kraus, I., *Educational aspirations among working class youth*. 1964, En Boudon, R. *Op.cit.*
27. Coleman, J., *Equality of educational opportunity*. 1966; *Informe Plowden. Children and their primary schools*. 1967; Mayeske, G.W. *A study of our nation's schools*. 1969, en Boudon, R. *Op.cit.*



Perspectivas

La probabilidad en México



Luis G. Gorostiza

Introducción

La probabilidad es una disciplina joven en México y su importancia apenas comienza a ser reconocida en nuestro medio matemático. Por eso quisiera iniciar con algunos comentarios sobre su lugar en las matemáticas y sus aplicaciones.

El Dr. Luis G. Gorostiza es profesor titular del Departamento de Matemáticas del Cinvestav. Obtuvo su doctorado en matemáticas en la Universidad de California en los Angeles. Su campo de investigación es la probabilidad y los procesos estocásticos. Este texto fue escrito con motivo de la reunión *Medio siglo de matemáticas en México: estado actual y perspectivas*, que tuvo lugar en el CIMAT, Guanajuato, en julio de 1991. La fecha es importante en relación con algunos comentarios sobre el CONACyT: el viejo CONACyT era ampliamente cuestionado y el nuevo CONACyT apenas comenzaba a darse a conocer.

Como ciencia matemática, la probabilidad tiene antecedentes lejanos en manos de algunos de los matemáticos más notables de la historia, como Bernoulli, Fermat, Pascal, Laplace, Gauss y Poincaré. Sin embargo, fue apenas hace setenta años cuando Kolmogorov le dio una estructura axiomática, y sólo a partir de entonces se le empezó a aceptar como una teoría matemática legítima.

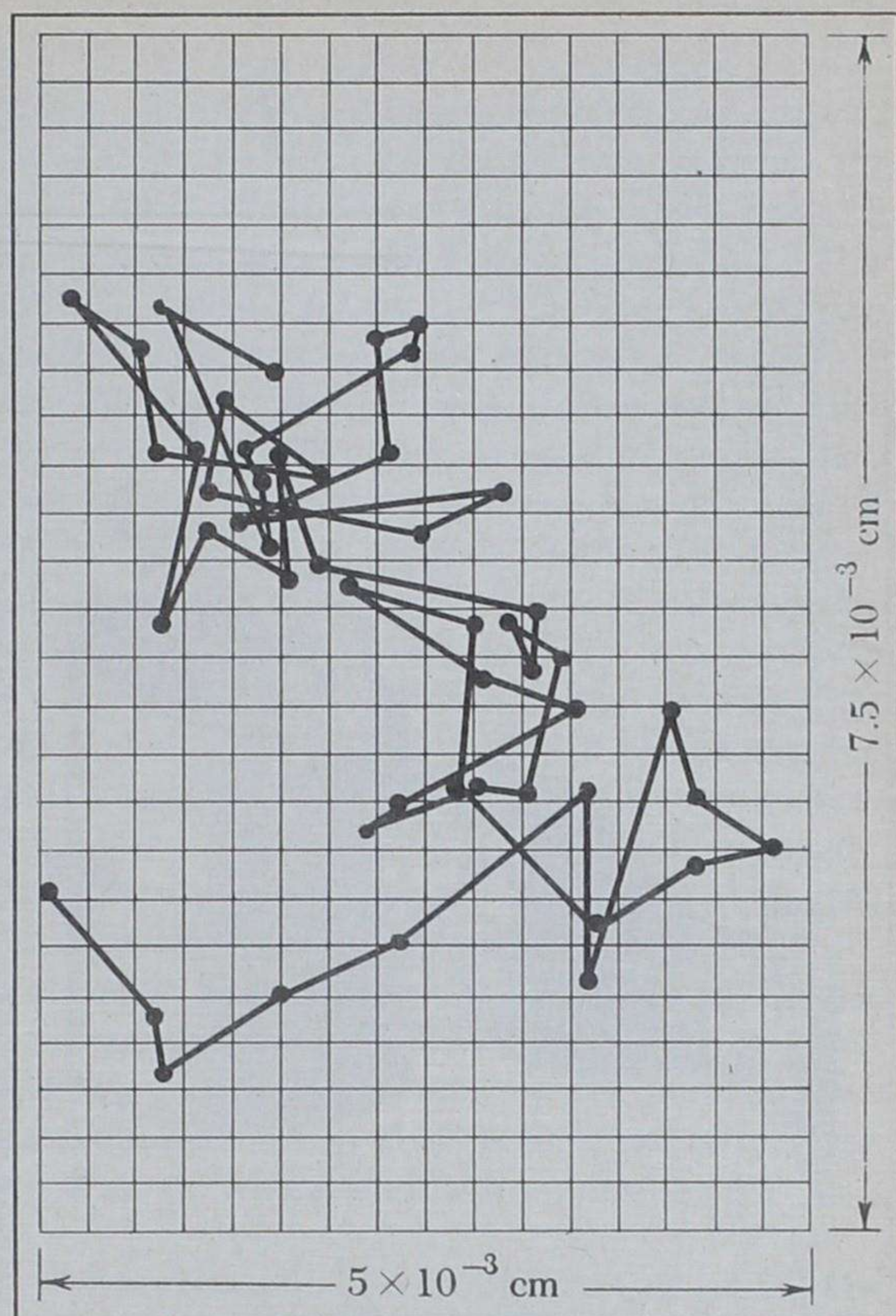
Es bien sabido que la probabilidad es el fundamento matemático de la estadística; la estadística no se podría desarrollar sin la probabilidad. A su vez, la probabilidad requiere de la estadística para establecer el modelo matemático de una situación real dada. En relación con el azar, la probabilidad y la estadística juegan papeles análogos

a los del cálculo diferencial e integral y la cinemática respecto al movimiento. Pero la probabilidad tiene relaciones importantes también con otras ramas de las matemáticas y con otras ciencias.

Gracias al concepto de función aleatoria y al manejo especial que hace de la noción de independencia, la probabilidad nos ofrece un enfoque particular no sólo de su propia temática, sino también de muchos otros problemas de las matemáticas, inclusive de algunos donde sería difícil imaginarse su presencia. La probabilidad nos permite introducir una dinámica de partículas sujetas a movimientos y otros efectos aleatorios que nos ayuda a comprender mejor y resolver problemas considerados tradicionalmente como estáticos o deterministas. Un ejemplo clásico es la famosa fórmula de Feynman-Kac, que es una expresión probabilista de la solución de una ecuación diferencial parcial. Las martingalas son un concepto puramente probabilista que ha servido, entre otras cosas, para demostrar resultados nuevos sobre los espacios de Banach. Con métodos probabilistas se han podido tratar problemas de teoría de potencial (el problema de Dirichlet), de teoría de números (la distribución de los números primos), de ecuaciones diferenciales parciales (la hipoelipticidad de Hörmander), de geometría de variedades Riemannianas, de crecimiento de grupos, e inclusive hay una demostración probabilista del teorema de índice de Atiyah-Singer. De hecho hay problemas, por ejemplo en ecuaciones diferenciales parciales, que se han podido resolver con métodos probabilistas y sin embargo aún no con los métodos clásicos.

En la física matemática los conceptos y métodos de la probabilidad son básicos para modelar fenómenos aleatorios y también como instrumento de análisis. La mecánica estadística los usa para justificar las leyes macroscópicas de la física como comportamientos límites de sistemas aleatorios de partículas. En la mecánica cuántica la probabilidad es una noción esencial y también se le utiliza como herramienta analítica.

Los conceptos y los métodos de la probabilidad son tan útiles que también han pasado a formar parte de los fundamentos y las metodologías de muchos otros campos. En la actualidad se encuentran libros sobre aplicaciones de la probabi-



lidad y los procesos estocásticos en la física, la química, la biología, la ingeniería, la economía, las finanzas, la sociología, la psicología, la computación, las comunicaciones, etc.

La interacción entre la probabilidad y sus aplicaciones ha sido muy provechosa tanto para las aplicaciones como para su propio desarrollo teórico. Gran parte de los problemas básicos que se investigan se originaron en cuestiones surgidas de las aplicaciones. Para mencionar un ejemplo, algunos de los problemas importantes actuales respecto de las ecuaciones diferenciales estocásticas en espacios de dimensión infinita provienen de la neurofisiología (transmisión de señales en neuronas y redes de neuronas), y es significativo el hecho de que ya circule un libro sobre procesos estocásticos en neurofisiología escrito por un neurofisiólogo.

La probabilidad intersecta a varias otras ramas de las matemáticas, principalmente el análisis,



el análisis funcional y las ecuaciones diferenciales parciales, cuyas metodologías utiliza, aunque tiene también sus propios conceptos y métodos. Hay quienes piensan equivocadamente que la probabilidad es una parte del análisis. Con esta idea se podrían diseñar cursos avanzados sobre el tema pidiendo sólo conocimientos previos de análisis y no de probabilidad elemental. Pero con tales cursos no se llegaría a comprender lo que es la probabilidad, ya que faltarían las bases intuitivas y además el análisis no incluye la probabilidad, sino que es una de sus herramientas matemáticas. Igualmente equivocado sería creer que se puede estudiar probabilidad avanzada sin bases sólidas de análisis. El estudio a fondo de la probabilidad requiere tanto del análisis avanzado como de los primeros conocimientos que se adquieren en los cursos elementales de probabilidad, con sus ejemplos de juegos de dados y series de volados. Algunos de los resultados clásicos de la probabilidad, como la ley de los grandes números, el teorema del límite central y el principio de las grandes desviaciones, están conte-

nidos en esencia en las series de volados. Con los ejemplos que se estudian en los cursos elementales de probabilidad se encuentra la mejor manera de llegar a entender el significado de varios teoremas profundos.

El desarrollo de la probabilidad en México

La probabilidad no formó parte de los primeros desarrollos de las matemáticas en México, pero gracias a los esfuerzos individuales de algunos matemáticos e ingenieros, desde hace no pocos años ha ido creciendo el interés en ella. Debe destacarse especialmente la labor precursora del Maestro Enrique Valle Flores, en la UNAM y en la Universidad de Sonora, que dejó numerosos adeptos. Como consecuencia de estos esfuerzos surgieron grupos dedicados a la probabilidad en la capital y en algunos estados, y varias personas hicieron doctorados en México o en el extranjero. Sin embargo, estos grupos no han sido muy fructíferos debido a la falta de condiciones de trabajo adecuadas, de organización, de una labor sostenida de investigación y de liderazgo. Es por ello que casi la mitad de los que hicieron tesis de doctorado en probabilidad no siguen en la investigación, no forman estudiantes en este campo, o lo hacen de manera deficiente, y tampoco hacen aplicaciones. Da pena ver que hay personas talentosas con muy buenas posibilidades de llegar a ser probabilistas valiosos y que no avanzan porque están detenidos por la inercia de sus medios y la falta de asesoramiento adecuado.

Los principales probabilistas que hay actualmente en México no se iniciaron en los grupos anteriores. Entre ellos, Onésimo Hernández Lerma y Víctor Pérez Abreu son egresados de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN, y Rolando Cavazos lo es de la Universidad Autónoma de Nuevo León. En mi caso, cuando ingresé a la UNAM en 1958, quería estudiar matemáticas, pero me inscribí en ingeniería porque las personas que consulté me advirtieron que tendría problemas económicos. En esa carrera no se estudiaba probabilidad; supe de ella porque un ingeniero me contó que se utilizaba en sismología y diseño de estructuras resistentes a sismos. Esto me interesó y empecé a leer algo sobre

probabilidad. Las ideas me fascinaron y me propuse estudiarlas. Fui al extranjero para hacer una maestría en matemáticas aplicadas y quise llevar un curso de probabilidad pero mi asesor no me dejó. Esto aumentó aún más mi interés en ella porque la veía ahora como un fruto prohibido. Por otra parte, mis experiencias con los estudios de matemáticas aplicadas me convencieron de que la única forma como podría llegar a hacer investigación básica en probabilidad era mediante un doctorado en matemáticas puras. No porque me disgustaran las matemáticas aplicadas, que considero muy importantes, sino porque sentía la necesidad de comprender bien los fundamentos matemáticos de lo que hacía, lo cual no se consideraba importante en el instituto donde cursé la maestría. Terminé un doctorado en matemáticas y así pude llegar a hacer investigación en probabilidad.

Al regresar a México en 1972 busqué con quien hablar de probabilidad. Si bien había personas interesadas en el tema, sólo encontré a un investigador activo, el Dr. Alberto Ruíz Moncayo, y comencé a colaborar con él. Desafortunadamente, unos años después la crisis económica de México lo obligó a dejar la investigación en probabilidad. Luego traté de atraer alumnos en el Cinvestav para hacer tesis de doctorado en dicha disciplina. Esto no fue fácil porque en nuestro medio todavía se conocía poco sobre ella. Los primeros intentos fracasaron principalmente porque los alumnos eran profesores de tiempo completo en otras instituciones y sólo le podían dedicar sus ratos libres a sus tesis. Por eso en los siguientes intentos les pedí a los alumnos que fueran estudiantes de tiempo completo o buscaran la forma de ocupar la mayoría de su tiempo en la tesis. Esto dio buenos resultados y tres estudiantes terminaron con tesis que pronto fueron aceptadas para publicación.

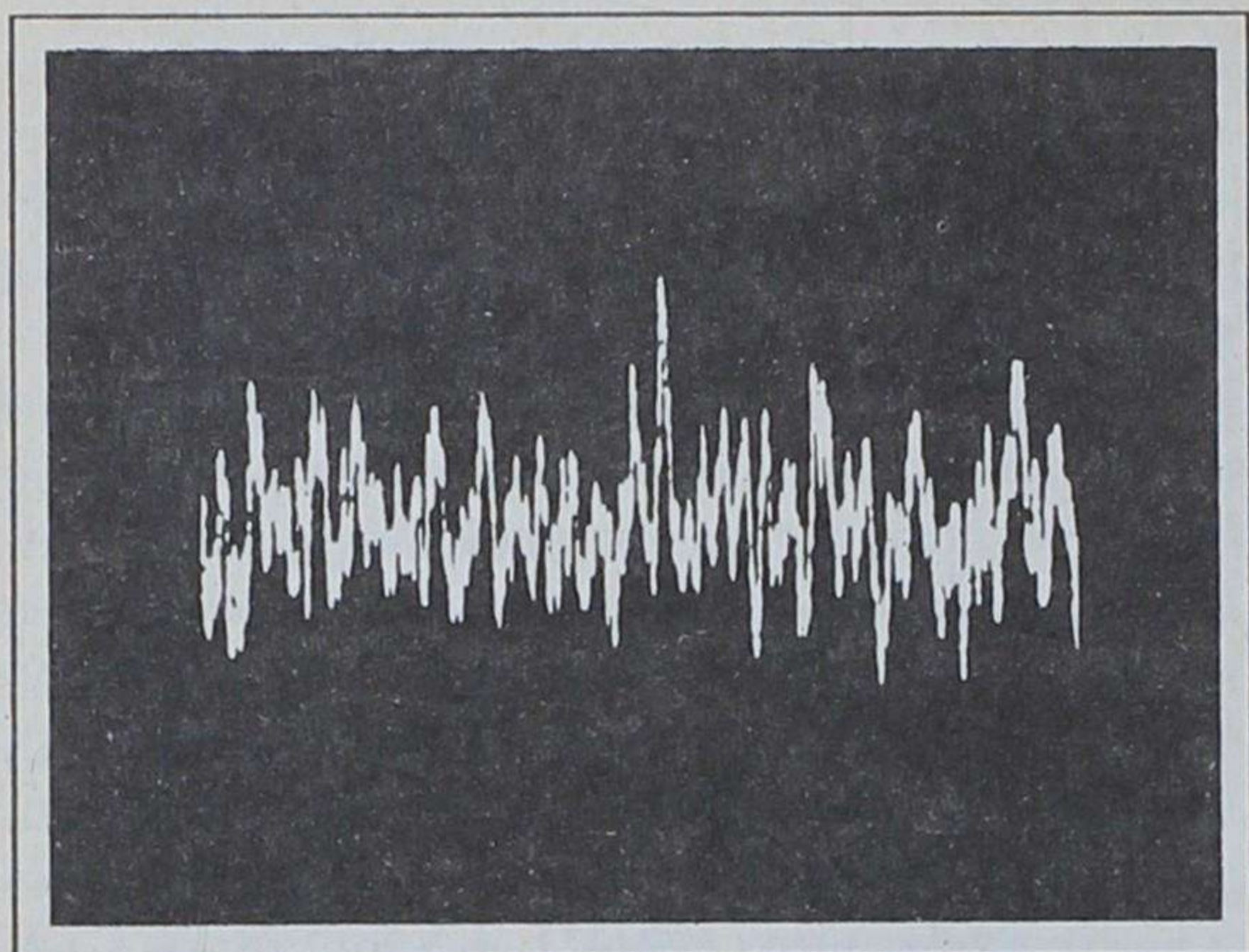
Entretanto el Dr. Onésimo Hernández Lerma había hecho un doctorado en el extranjero, especializándose en control estocástico, y había dirigido dos tesis de doctorado, también en el Cinvestav. Además habían regresado otras personas con doctorados en probabilidad, pero pocas de ellas siguieron haciendo investigación.

En la actualidad existen en México aproximadamente once personas que pueden ser considera-

das investigadores activos en probabilidad (con esto quiero decir que hacen investigaciones originales y publican artículos en buenas revistas). Un grupo dedicado al control estocástico está formado por Onésimo Hernández Lerma (Cinvestav) y Rolando Cavazos (UAAAN, Saltillo). Otro grupo, que puede llamarse de análisis estocástico, consta de las ocho personas que participamos con regularidad en un seminario de investigación que se viene realizando desde hace cinco años. Estas son María Emilia Caballero y Begoña Fernández (UNAM), Luis G. Gorostiza y Jorge A. León (Cinvestav), José María González Barrios, José A. López Mimbela y Víctor Pérez Abreu (CIMAT), y Juan Ruíz de Chávez (UAM-I). Además, Diego Bricio Hernández (CIMAT) es un elemento eventual de ambos grupos. Ojalá que ninguno de estos investigadores sucumba a la *fuga de cerebros* o a la inactividad. Hay otros probabilistas en el país capaces de hacer investigación, pero están poco activos. Para completar el panorama cabe mencionar que en probabilidad hay también por lo menos tres investigadores mexicanos activos en el extranjero, tres estudiantes haciendo doctorado en México y dos fuera.

Considerando que en nuestro país hasta hace poco no había verdaderos investigadores en probabilidad, que no hay una promoción adecuada para la probabilidad en las licenciaturas, y que las políticas oficiales sobre la ciencia ahuyentan a los estudiantes de la investigación científica e inducen a los investigadores a dedicarse a otra cosa o irse al extranjero, me parece notable que actualmente haya en México más de diez investigadores activos en probabilidad.

Se ha logrado, en relativamente pocos años, la formación de dos grupos de investigación en probabilidad que ya tienen reconocimiento internacional. Este reconocimiento se debe sobre todo a sus artículos de investigación. Entre los dos grupos se han publicado más de 120 artículos en revistas con arbitraje de circulación internacional, varias de ellas del mayor prestigio. Frecuentemente se invita a miembros de estos grupos, inclusive a los jóvenes, a visitar instituciones extranjeras y presentar trabajos en reuniones especializadas. Se les piden arbitrajes para revistas internacionales, y la National Science Foundation e instancias similares de otros países les solicitan evaluaciones de



proyectos de investigación. (Como consecuencia del reconocimiento internacional, también ha habido algunas muestras de aprecio en México.)

Continuaré ahora con otros comentarios sobre el estado actual de la probabilidad en México.

En la parte educativa, la falla que considero más importante señalar es la manera como se ubica a la probabilidad en los programas de licenciatura en matemáticas. En algunos de ellos es una materia dirigida principalmente a los estudiantes interesados en la actuaría, y en otros, a los inscritos en programas de matemáticas aplicadas. Se considera que estos estudiantes no necesitan más que los rudimentos de la probabilidad y no requieren conocimientos de análisis más allá del cálculo en varias variables. Si bien esto puede ser cierto para estudiantes que no proseguirán una carrera académica, deja mucho qué desear en la formación de los que aspiran a dedicarse a la docencia o la investigación. En estas condiciones es casi imposible encontrar egresados de licenciatura con conocimientos adecuados de probabilidad y de análisis, que sería lo más deseable para estudiar probabilidad en maestría y doctorado. Ojalá que se remediara estas inconsistencias de los programas de licenciatura; así tendríamos mejores estudiantes de probabilidad y en general matemáticos más preparados.

Las aplicaciones de la probabilidad son casi inexistentes en México, no obstante que es una de las ramas de las matemáticas que más se prestan a la aplicación. (Aclaro que aquí me estoy refiriendo a aplicaciones de la probabilidad avanzada, que

requieren los conocimientos de un investigador.) Esto no se debe a que los investigadores matemáticos se nieguen a aplicar sus conocimientos, sino a lo que ocurre usualmente en los países subdesarrollados: los posibles usuarios de las aplicaciones de las matemáticas, inclusive en el medio científico, por lo general no tienen los conocimientos necesarios para darse cuenta de que podrían aprovechar el asesoramiento de un matemático. Es por ello que las llamadas matemáticas aplicadas tienen mayores dificultades para desarrollarse en países como el nuestro. Algunos probabilistas y estadísticos están haciendo propuestas para ayudar a resolver problemas del país, por ejemplo en relación con la contaminación, pero habrá que ver si esto se sabe aprovechar.

En cuanto a la investigación, mencionaré algunas de las actividades del grupo de análisis estocástico en el que yo participo. Nuestro seminario de investigación es un motor fundamental de nuestro trabajo. Consiste en que cada expositor explica la investigación que ha hecho o está tratando de hacer y ésta se discute. A veces lo utilizamos también para estudiar temas nuevos. Los resultados han sido satisfactorios porque varios de los trabajos presentados en el seminario se han convertido en artículos publicados, algunos de los cuales de hecho se han originado en las discusiones, y se han generado trabajos en colaboración.

Los temas principales en los que trabajamos actualmente son los siguientes:

- Límites de sistemas de partículas, especialmente límites de fluctuaciones (los cuales dan lugar a procesos estocásticos con valores en espacios nucleares tales como los espacios de distribuciones), y límites de alta densidad y partículas pequeñas (los cuales son procesos estocásticos con valores en espacios de medidas, que recientemente han sido llamados con el nombre de *superprocesos* y que son uno de los temas de mayor actividad en la probabilidad). En este campo, los llamados *superprocesos multitypo* se introdujeron en la tesis de un joven miembro de nuestro grupo. Como consecuencia de nuestros trabajos sobre estos procesos hemos obtenido resultados nuevos sobre el comportamiento asintótico de las soluciones de una clase de sis-

temas de ecuaciones diferenciales parciales no lineales.

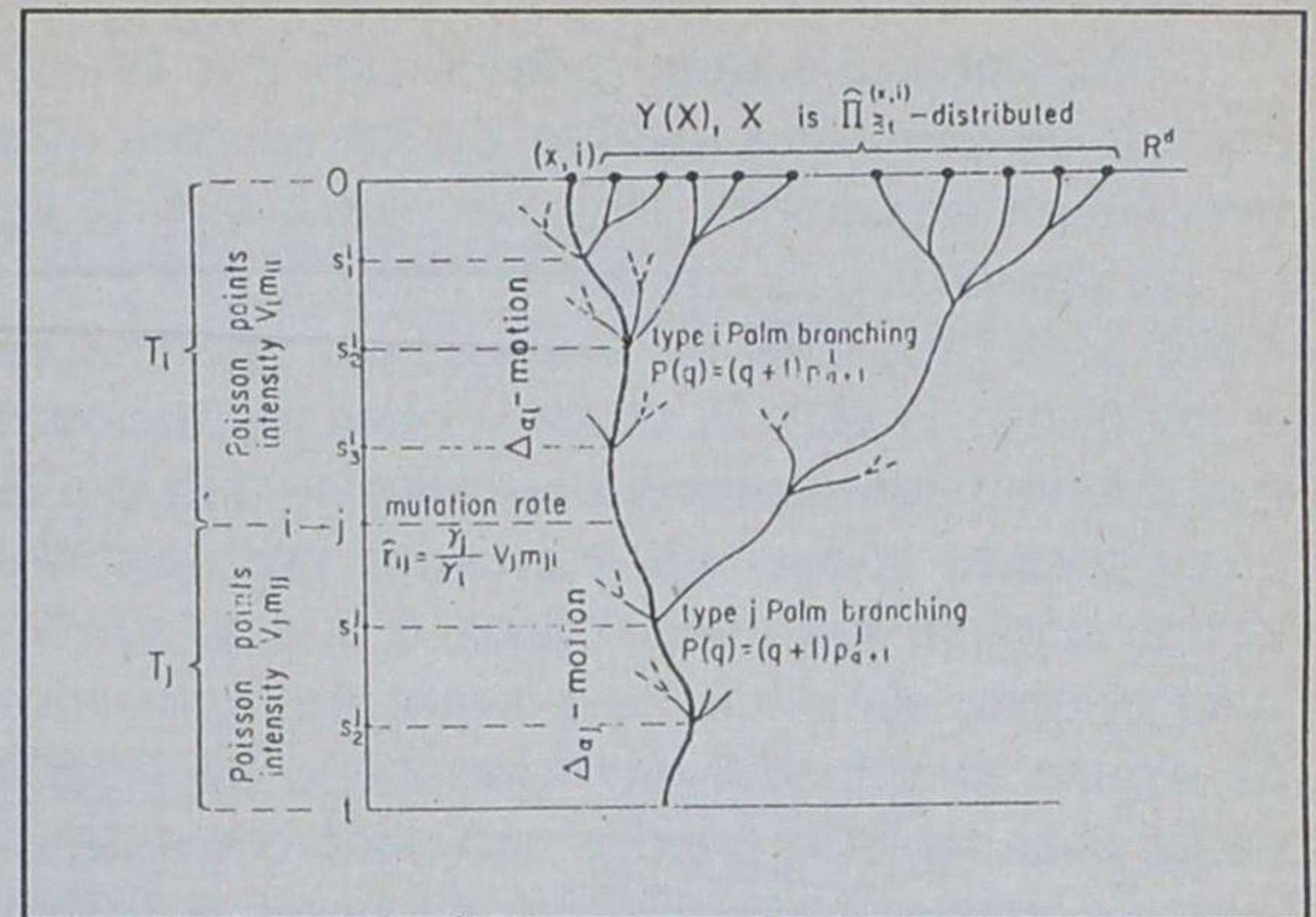
- Ecuaciones diferenciales estocásticas en espacios de Hilbert y en espacios nucleares, y aplicaciones a límites de fluctuaciones de sistemas de partículas. Las motivaciones de estos trabajos provienen de la mecánica estadística, de las ecuaciones de reacción-difusión que ocurren en la química, y de sistemas biológicos y de otros tipos constituidos por un gran número de componentes que interactúan. En este tema también investigamos problemas de convergencia de las soluciones de esta clase de ecuaciones estocásticas.
- Cálculo en el espacio de Wiener. A este tema se refieren el llamado *cálculo de Malliavin* (que está relacionado con el problema de la hipoelipticidad de Hörmander), y la llamada *integral de Skorokhod* o *integral anticipativa*, que es un nuevo tipo de integral estocástica con integrandos que contienen información futura, los cuales requieren una teoría distinta de la integral estocástica de Ito. En este tema también se estudian ecuaciones diferenciales estocásticas anticipativas.

Otros temas en los que se han hecho contribuciones son:

- Desviaciones grandes en espacios nucleares.
- Teoría del potencial.
- Caracterización de ciertas clases de operadores por medio de entropía métrica.

Cabe aclarar que no somos un grupo de investigación en el sentido de desarrollar programas estructurados con una repartición de labores específicas, como se hace en otras ciencias, sino que cada quien canta el son que le gusta y las colaboraciones surgen de manera espontánea.

Para mantener las actividades de nuestros grupos, lo más importante es agregarles nuevos miembros, ya que un grupo de investigación puede desaparecer en poco tiempo si no se renueva constantemente. Esto es muy preocupante, porque



Árbol aleatorio. Crece en las mentes de algunos probabilistas.

la crisis económica y la política estatal, que siguen siendo devastadoras para la ciencia mexicana, hacen que muy pocos estudiantes quieran dedicar su vida a la investigación matemática.

He puesto el énfasis en nuestras actividades de investigación. Sin embargo, el efecto más significativo de nuestro trabajo no son los resultados de las investigaciones, sino el hecho de que gracias a que hacemos investigación básica podemos formar nuevos investigadores y especialistas competentes para realizar actividades prácticas. Este papel fundamental e imprescindible de la investigación básica es el que, lamentablemente, les cuesta más trabajo entender a algunos de los funcionarios que toman las decisiones de las que depende el futuro de nuestro país.

La mayoría de los artículos que en los últimos quince años hemos publicado Onésimo Hernández Lerma y yo, así como nuestro colaboradores y alumnos, han sido el resultado de una serie de proyectos de investigación y de acuerdos de intercambio apoyados por el CONACyT. En los últimos dos años, cuando el CONACyT tuvo una de sus peores épocas, se nos rechazaron nuestros proyectos con base en supuestas evaluaciones académicas. A Onésimo Hernández Lerma no le dieron ninguna razón académica y a mí me explicaron que las ecuaciones diferenciales estocásticas todavía no sirven para la biología y la sismología. En contraste, hace poco fue aprobado un proyecto semejante al mío presentado a la National Science Foundation. También hubo otras víctimas de la incompetencia del CONACyT en ese período.

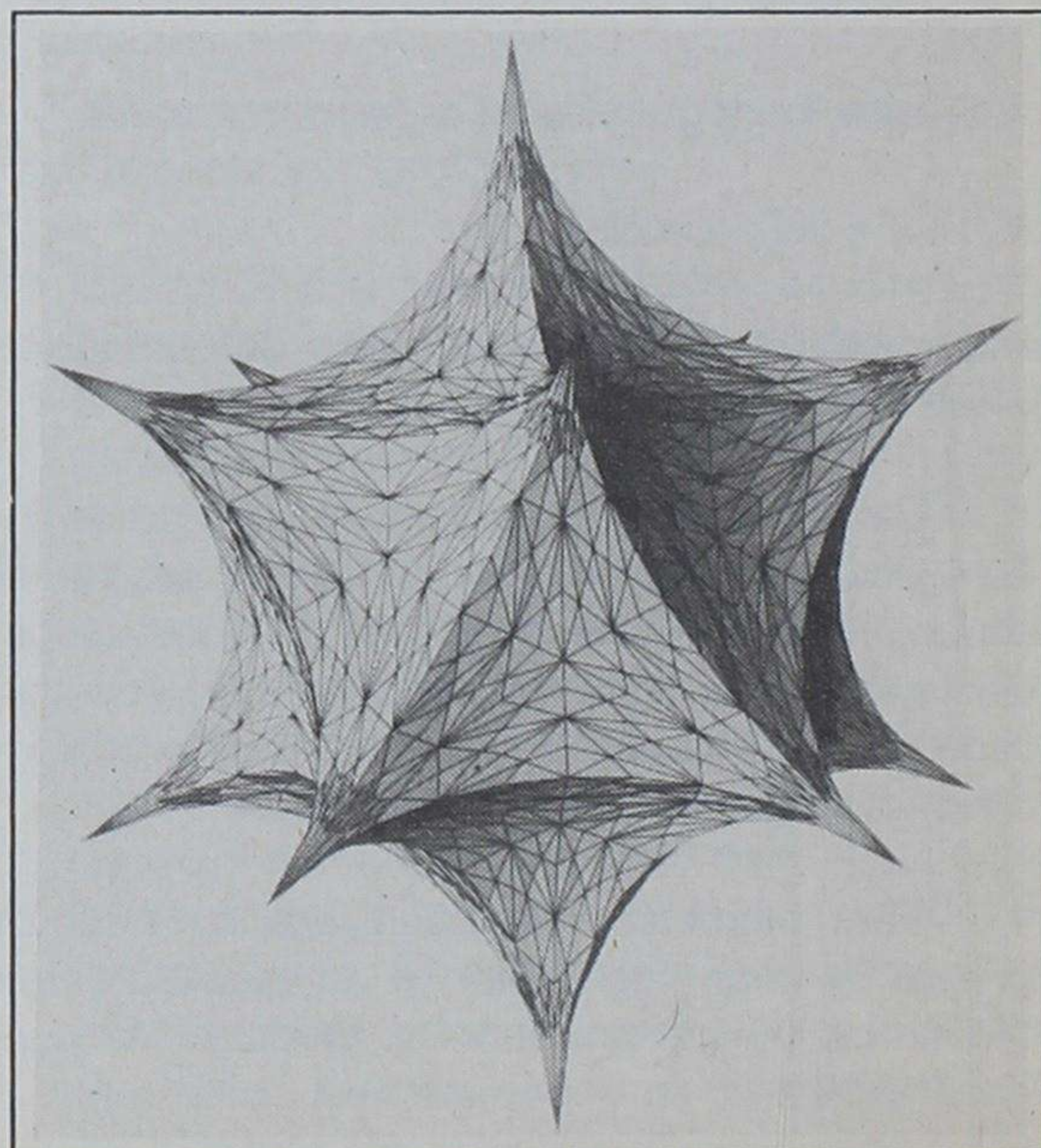
Menciono lo anterior porque creo que la evaluación de proyectos es uno de los asuntos más necesitados de cambios radicales para beneficio de las matemáticas y la ciencia en México. Las solicitudes para proyectos de matemáticas presentadas al CONACYT, la SEP, la UNAM y otras instituciones que cuentan con recursos especiales de apoyo a la investigación, suelen ser evaluadas por personas que ni siquiera son matemáticos, o que no son investigadores, simplemente porque son conocidos de alguna autoridad o del funcionario encargado de las evaluaciones, y así se han dado casos extremos de evaluaciones carentes de bases académicas y de objetividad. Este es un ejemplo claro del subdesarrollo en la administración de la ciencia: funcionarios que les encargan a las personas menos idóneas lo que debieran hacer las más competentes y objetivas. Afortunadamente, también ha habido evaluadores que han cumplido correctamente su papel.

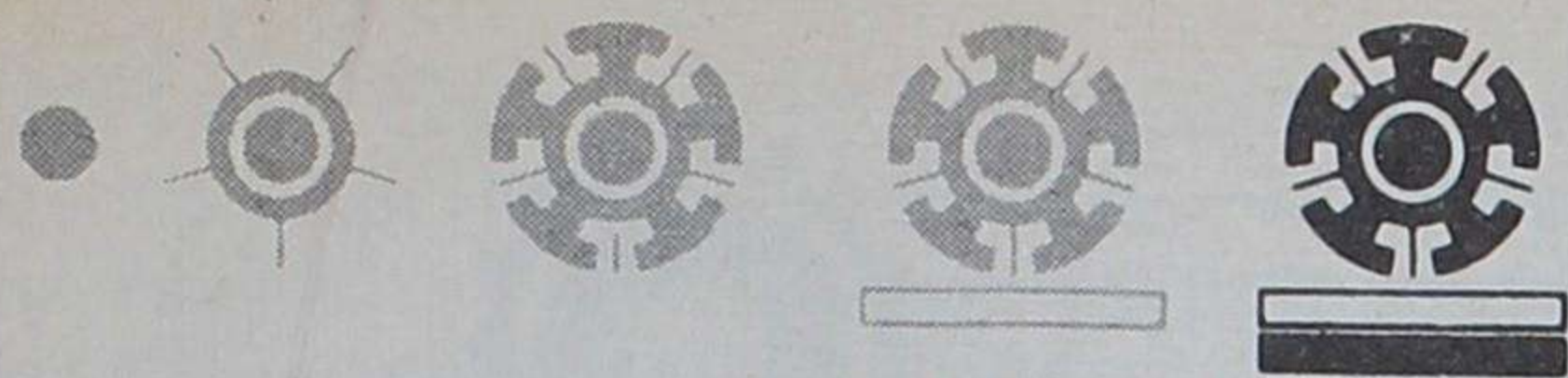
Además de mejorar en forma radical los métodos de evaluación académica y de proyectos, sin caer en nuevos absurdos, el CONACyT y las instituciones de educación superior e investigación deben impulsar de manera considerable la formación de nuevos especialistas, particularmente en la investigación básica, con el fin de llegar a estar en posibilidades de enfrentar los problemas del país y de poder preparar al personal técnico de alta calidad necesario para ello. La experiencia de otros países ha demostrado que el no haber desarrollado la investigación básica en ciertas áreas es la causa de que quedaran irremediabilmente al margen de avances tecnológicos importantes. Un aspecto relevante de la formación de nuevos investigadores son las becas para estudios en el extranjero. En mi opinión sería un error obligar a los becarios a ir sólo a las universidades más prestigiadas, que es lo que ahora propone el CONACyT; lo más sensato es que estudien en aquéllas donde están los mejores especialistas o grupos en los temas que les interesen, y que muchas veces no son las más famosas.

Perspectivas

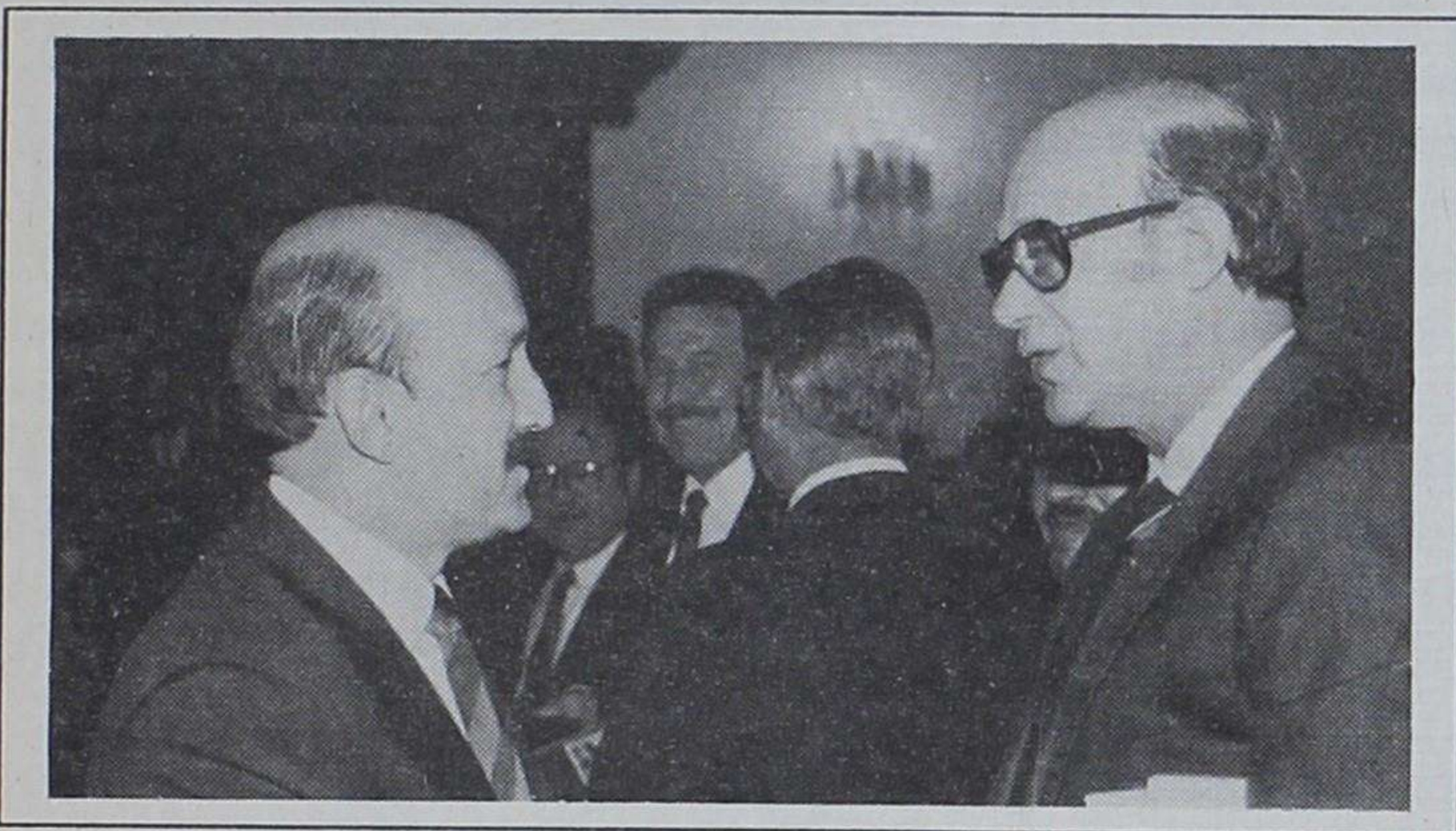
En la probabilidad se han logrado éxitos que nos satisfacen y animan, y hay jóvenes talentosos. Sin

embargo, es difícil hablar de las perspectivas de la probabilidad o de cualquiera otra disciplina matemática o científica en México, puesto que no se han definido claramente políticas coherentes de educación, ciencia y desarrollo. Es obvio que el país no marchará hacia adelante sin una base sólida de investigación científica y que el Estado no ha decidido hacer lo necesario para formarla, y ni siquiera para sostener lo existente. Sólo ha habido algunos tímidos esfuerzos para evitar que la investigación científica desaparezca por completo y se han hecho algunos intentos de atraer a los jóvenes hacia la ciencia. Pero por más que se trate de aumentar el número de investigadores, poco se logrará mientras el gobierno y las instituciones de educación superior e investigación no busquen y encuentren una manera adecuada e inteligente de hacer de las carreras académica y científica formas de vida dignas y bien remuneradas económicamente, de acuerdo con requisitos y evaluaciones de calidad, y sin ridículos sistemas de becas y estímulos que causan distorsiones indeseables y denigran a los profesores tratándolos como productores de puntos. De continuar como estamos, sin un incremento significativo de investigadores en todos los campos de la ciencia, la modernización de nuestro país y su ingreso al *primer mundo* seguirán siendo sólo fantasías de algunos ilusos. ❁





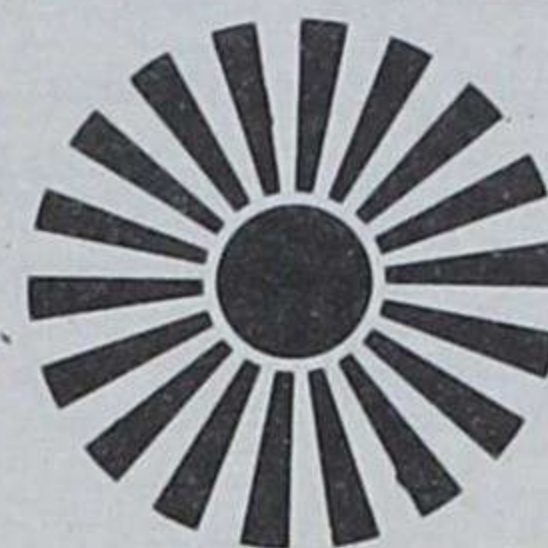
Pedro Joseph Nathan, Premio Nacional de Ciencias 1991



El pasado 10 de diciembre el Lic. Carlos Salinas de Gortari entregó el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1991, en el campo de las ciencias Físico Matemáticas y Naturales, al Dr. Pedro Joseph Nathan, profesor titular del Departamento de Química del Cinvestav. Con esta distinción, son ya diez los profesores del Centro galardonados con el Premio Nacional de Ciencia y Artes en dicho campo: Dr. Arturo Rosenblueth (1966, Fisiología), Dr. José Adem Chain (1967, Matemáticas), Dr. Guillermo Massieu (1975, Neurociencias), Dr. Samuel Gitler (1976, Matemáticas), Dr. Jorge Cerbón Solórzano (1978, Bioquímica), Dr. Pablo Rudomín (1979, Fisiología), Dr. José Ruiz Herrera (1984, Genética), Dr. Marcos Rojkind (1985, Bioquímica) y Dr. Adolfo Martínez Palomo (1986, Patología Experimental).

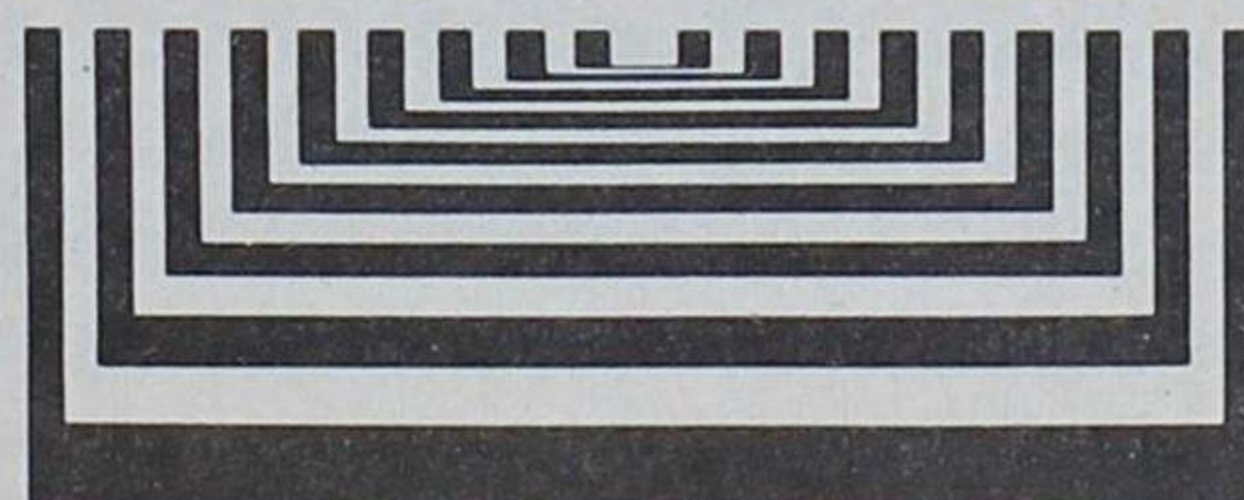
El Dr. Pedro Joseph Nathan se incorporó como profesor al Departamento de Química del Cinvestav en 1966. Realizó sus estudios profesionales (Químico, 1963; Ingeniero Químico, 1964) y de doctorado (Química, 1966) en la UNAM. Su labor científica ha sido reconocida con un buen número de distinciones académicas. Entre ellas destacan el Premio Nacional de Ciencias Farmacéuticas Dr. Leopoldo Río de la Loza (1974), Premio de Ciencias Exactas de la Academia de la Investigación Científica (1978), Premio Nacional de Química y Ciencias Farmacéuticas (1980), Premio Nacional de Química Andrés Manuel del Río (1986), Premio Mexicano de Tecnología IXTA (1987) y Premio Luis Elizondo (1991).

Notas breves



La **Dra. Rosalinda Contreras**, profesora titular del Departamento de Química del Cinvestav y miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*, fue reelecta tesorera de la Academia de la Investigación Científica (AIC). Tomó posesión de este puesto para el bienio 1991-1993 en ceremonia celebrada el pasado 30 de enero. También tomó posesión de la presidencia de la AIC, para el bienio 1992-1994, el **Dr. Antonio Peña**, investigador titular del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM, en sustitución del **Dr. Hugo Aréchiga** profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. El **Dr. Mauricio Fortes**, investigador titular del Instituto de Física de la UNAM, resultó también electo vicepresidente de la AIC para el mismo período 1992-1994.

En la misma ceremonia ingresaron a la AIC como miembros regulares la **Dra. Emilia Ferreira**, profesora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, y el **Dr. José Alonso Fernández Guasti** profesor titular de la Sección de Terapéutica Experimental del Departamento de Farmacología y Toxicología del mismo Centro.



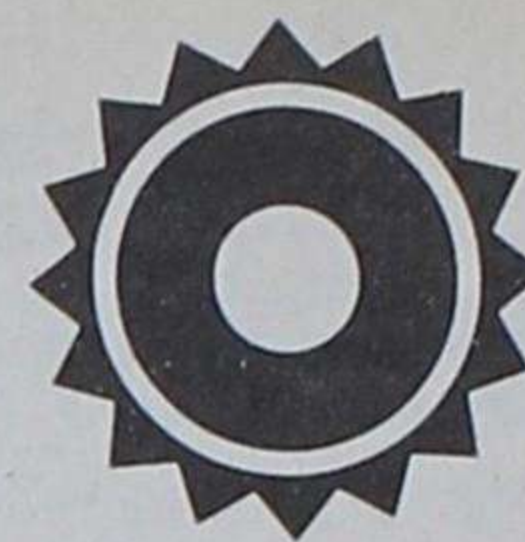
Las principales contribuciones científicas del Dr. Joseph Nathan han sido en la síntesis de nuevos medicamentos, en el estudio de las plantas medicinales mexicanas y en las aplicaciones de la resonancia magnética nuclear. Sobresale su trabajo sobre el aislamiento e identificación del principio tóxico de la tullidora, una planta del desierto mexicano cuya ingestión produce una parálisis progresiva de las extremidades inferiores hasta el corazón y es capaz de producir la muerte en el término de pocos días. En colaboración con el Dr. Julio Muñoz del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav, estudió la estructura química y el principio activo de esta planta. Es el autor de la primera patente registrada en los EUA por un investigador del Cinvestav: la síntesis del compuesto indorrenato, fármaco anti-hipertensivo de comprobada efectividad en seres humanos.

El Dr. Pedro Joseph Nathan es Investigador Nacional, Nivel III, y forma parte en la actualidad de la comisión evaluadora del Sistema Nacional de Investigadores en el área de las ciencias biológicas y de la salud. Ha publicado más de 160 artículos científicos, los cuales han generado más de 1000 citas en la literatura científica, y ha dirigido más de cincuenta tesis de licenciatura y posgrado.

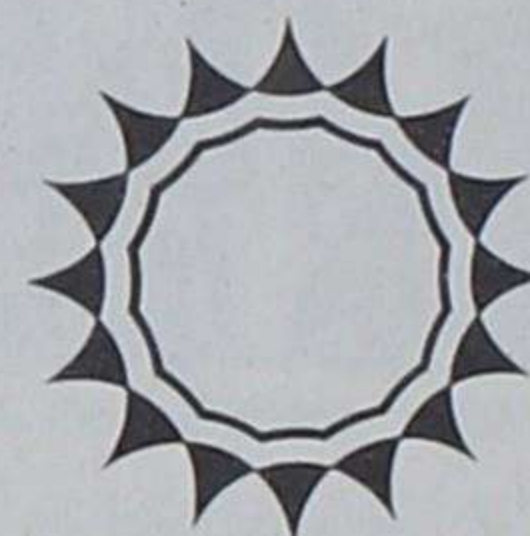
Octavio Paredes López, Premio Nacional de Ciencias 1991



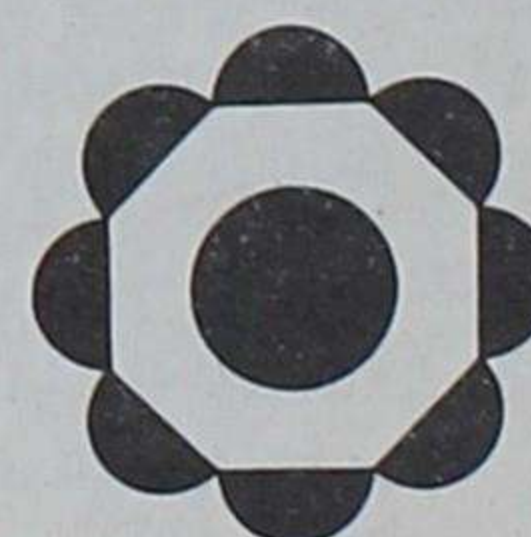
En la misma ceremonia, el presidente de la República entregó el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1991, en el campo de la Tecnología y el Diseño, al Dr. Octavio Paredes López, profesor titular de la Unidad Irapuato del Cinvestav. Incluyendo al Dr. Paredes López, son ya cinco los profesores del Cinvestav que han recibido dicho premio en el campo de la Tecnología y el Diseño:



Lamentamos el deceso del **Dr. Carlos Fernández Tomás**, ocurrido el 19 de enero de este año. El Dr. Fernández Tomás obtuvo su grado de doctor en ciencias (Biología Celular) en el Cinvestav y era profesor titular del Departamento de Genética y Biología Molecular del mismo Centro.



El M. en C. **Jaime González Basurto**, hasta ahora jefe del Sistema de Educación Continua del Cinvestav, fue nombrado director del Centro Nacional de Metrología (CENAM) con sede en Querétaro. El CENAM es una dependencia de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial dedicada al desarrollo de normas y procesos relacionados con el control de calidad en la industria y el sector de servicios.



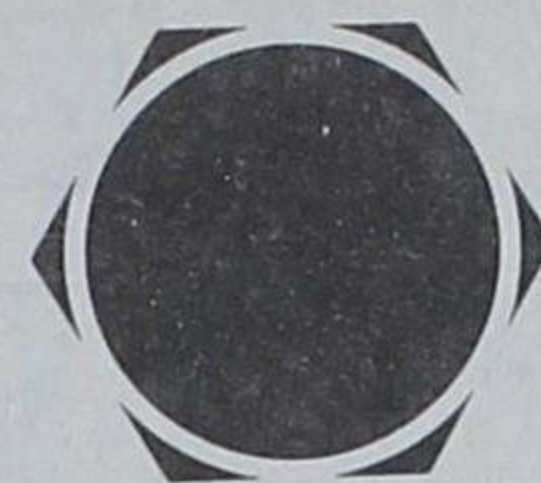
Q.B. Carlos Casas Campillo (1973, Biotecnología y Bioingeniería), Ing. Jorge Suárez Díaz (1984, Ingeniería Eléctrica), Dr. Enrique Hong Chong (1987, Terapéutica Experimental), Dra. Mayra de la Torre Martínez (1988, Biotecnología y Bioingeniería) y Dr. Juan Milton Garduño Rubio (1990, Ingeniería Eléctrica).

El Dr. Octavio Paredes López es ingeniero bioquímico de la ENCB-IPN, maestro en ciencias de la Academia Checoslovaca de Ciencias y doctor en ciencias de la Universidad de Manitoba en Canadá. Se incorporó a la Unidad Irapuato del Cinvestav como profesor de la Sección E2 (Ciencia y Tecnología de Alimentos). Bajo su dirección se graduó el primer doctor en ciencias de esta unidad con una tesis sobre biotecnología de plantas con especialidad en tecnología alimentaria. Es autor de más de 100 trabajos en el campo de la biotecnología alimentaria. Es Investigador Nacional, Nivel III, y entre las distinciones académicas que ha recibido están el Premio Nacional de Ciencias y Tecnología de Alimentos, Premio Nacional al Mérito en Ciencia y Tecnología de Alimentos y el Premio Nacional de Química *Andrés Manuel del Río*.

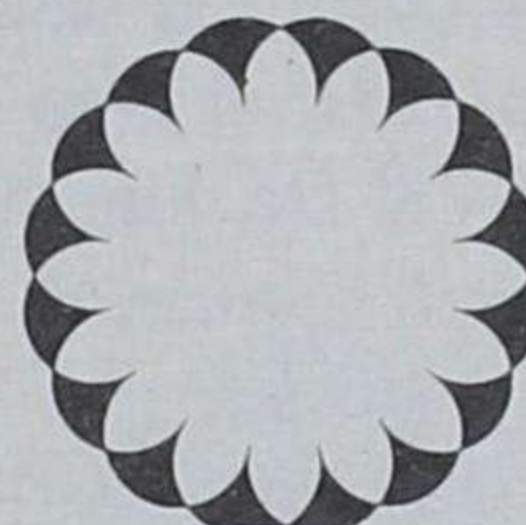
El Dr. Paredes López ha desarrollado y puesto en práctica varios procedimientos tecnológicos que han repercutido en el mejor aprovechamiento de subproductos y desperdicios agrícolas: procesamiento de maíz para producir harinas nixtamalizadas instantáneas y que son útiles para manufacturar tortillas de mejor calidad; producción de material deshidratado a partir de suero de leche, subproducto de la producción quesera, que representa el componente central en la manufactura de leches maternizadas; control industrial de la hidrólisis térmica de las *piñas* del agave tequilero y de las condiciones del proceso fermentativo para la producción de tequilas; diseño y puesta en operación de una planta piloto, en la principal zona mezcalera del país, capaz de proporcionar un producto final con los estándares de calidad para el mercado internacional; y generación de nuevas variedades de frijol, que están siendo ya explotadas comercialmente, con mejores características nutricionales y agronómicas.

Premios Weizmann 1991 para Roberto Martínez Martínez y Mario A. Rodríguez Rodríguez

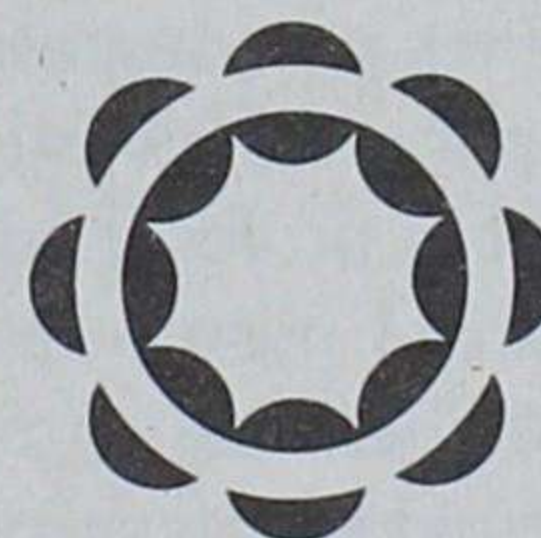
La Academia de la Investigación Científica (AIC), con el patrocinio de la Asociación de Amigos del Instituto Weizmann, entregó el pasado 30 de enero Premios Weizmann 1991 al Dr. Roberto Martínez Martínez y al Dr. Mario A. Rodríguez Rodríguez en las áreas de Ciencias Exactas y Ciencias Naturales, respectivamente.

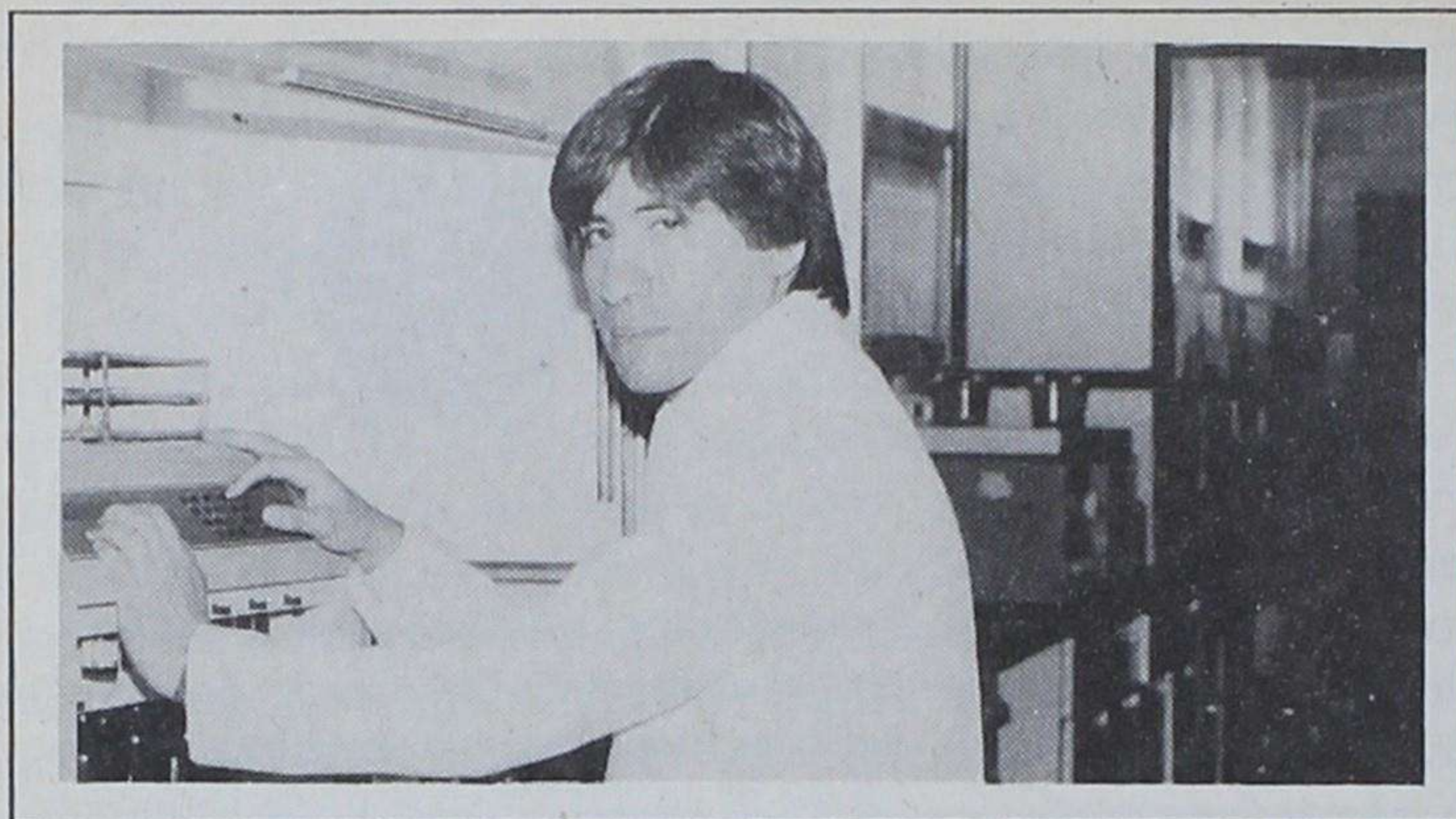


En el accidente aéreo ocurrido el pasado 19 de enero cerca de Estrasburgo, Francia, falleció la **Dra. Rossana Friginals Aguilar**, egresada del Departamento de Farmacología y Toxicología del Cinvestav. Su tesis doctoral, dirigida por la Dra. Rosalinda Contreras, obtuvo el reconocimiento a la mejor tesis de doctorado por la Academia Mexicana de Química Inorgánica. Era investigadora de la compañía L'Oreal en el laboratorio de dermatología de la Universidad de Estrasburgo. Lamentamos profundamente su deceso.



Lamentamos también el fallecimiento del **Dr. Hernán Guillermo Yoe Medinilla**, ocurrido en octubre de 1991. Obtuvo su doctorado en la Universidad Técnica de Hamburgo-Harburg, RFA, y era profesor adjunto y coordinador académico de la Sección de Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav.

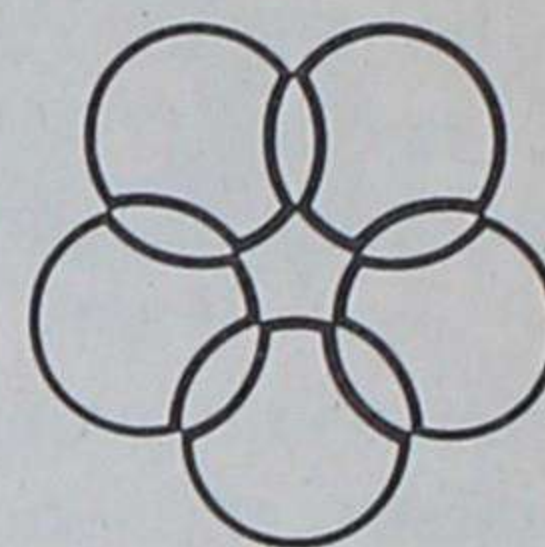




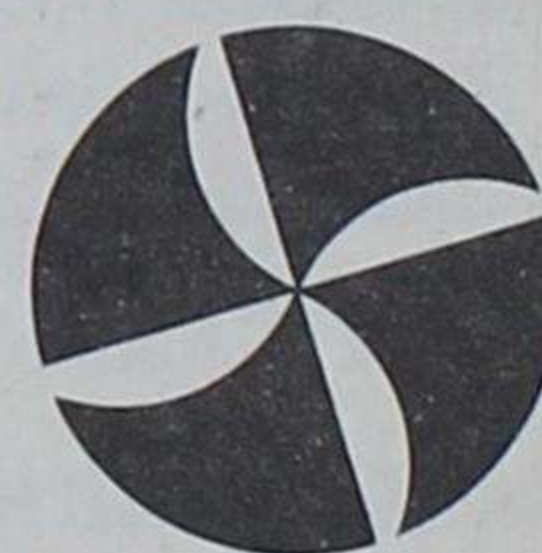
Dr. Mario A. Rodríguez Rodríguez.

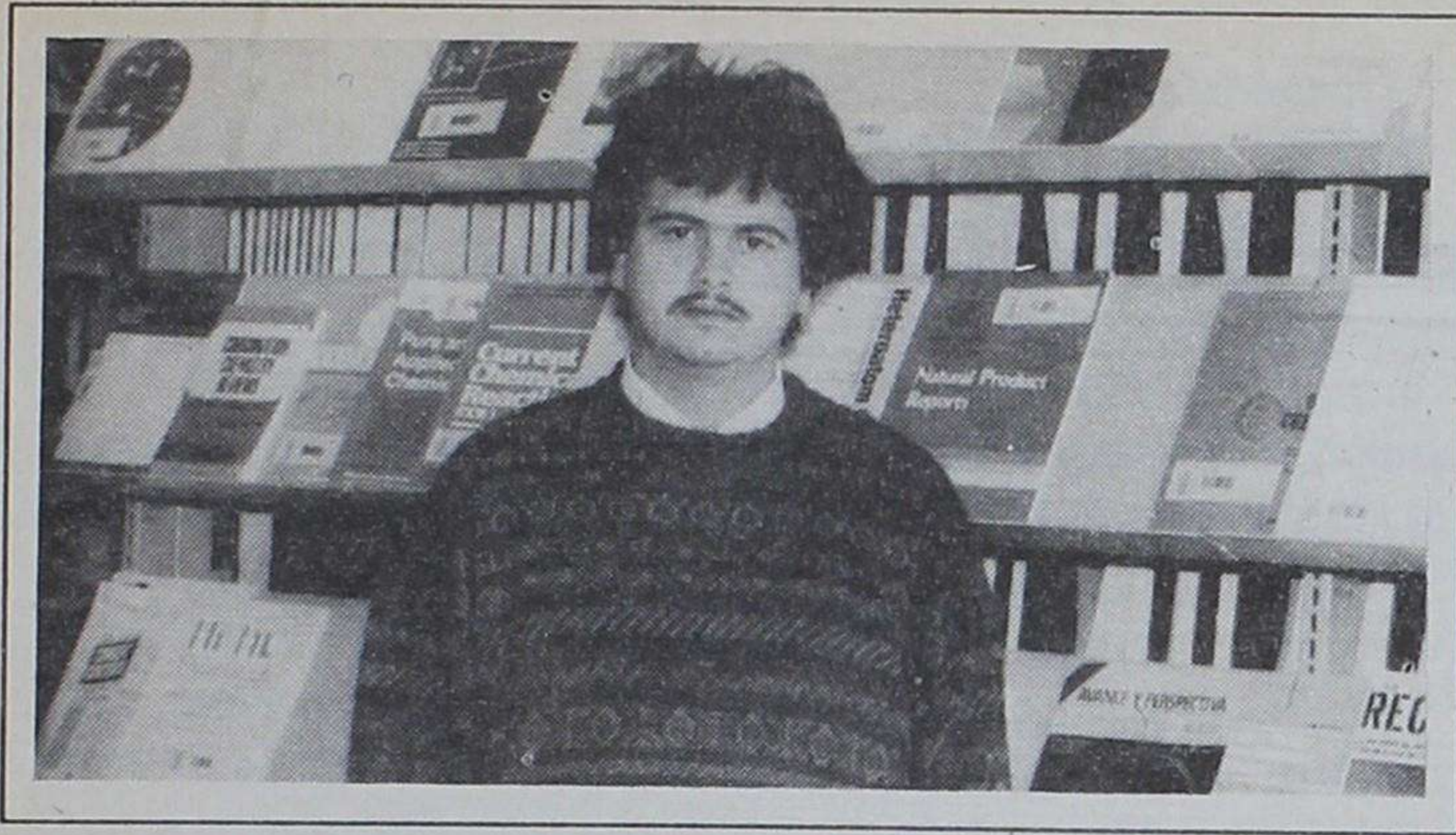
Los doctores Martínez y Rodríguez son egresados del Cinvestav. Estos premios se entregan anualmente a las mejores tesis doctorales presentadas en México por investigadores menores de 35 años. Se otorgan tres premios de 2.5 millones de pesos a cada premiado en cada una de las áreas mencionadas. En esta ocasión recibieron también premios en el área de Ciencias Exactas el Dr. Jesús A. del Río Portilla y la Dra. Tessy María López Goerne, quienes presentaron sus tesis doctorales en la UNAM y la UAM-I, respectivamente. En el área de Ciencias Naturales también recibieron premios el Dr. Juan Servando Núñez Farfán y el Dr. David René Romero Camarena, con tesis presentadas en la UNAM.

El título de la tesis doctoral del Dr. Mario A. Rodríguez Rodríguez es "Proteínas y genes que participan en la interacción de *Entamoeba histolytica* con la célula blanco", presentada en el Departamento de Genética y Biología Molecular del Cinvestav bajo la dirección de la Dra. María Esther Orozco Orozco. En su trabajo de tesis se aislaron una serie de mutantes de *E. histolytica* (el agente etiológico de la amibiasis) deficientes en fagocitosis y en virulencia. Con la ayuda de algunas de estas mutantes y de anticuerpos mono y policlonales se identificaron 7 proteínas amibianas involucradas en la interacción huésped-parásito. Además, se aisló el gen putativo de la adhesina de 112 kDa, una proteína implicada en la adhesión y en la virulencia del parásito. Como resultado de esta tesis se publicaron tres artículos en revistas internacionales y siete resúmenes en congresos internacionales. Estos trabajos han sido citados por otros investigadores al menos 30 veces. El Dr. Rodríguez es ahora profesor adjunto del Departamento de Patología Experimental del mismo Centro. Este es el tercer premio Weizmann que reciben los egresados del Cinvestav en el área de las Ciencias Naturales. Los otros dos premios fueron recibidos por la Dra. Patricia Talamás Rohana (1988, Biología Celular, asesora: Dra. I. Meza) y el Dr. Rogelio Arellano Ostoa (1990, Fisiología, Biofísica y Neurociencias, asesor: Dr. F. Ramón).



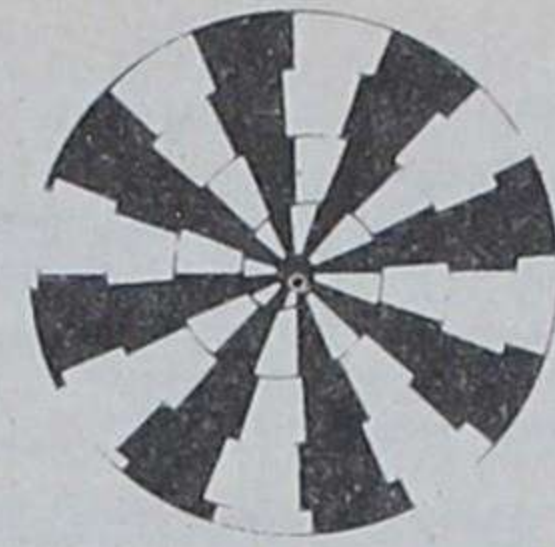
El pasado 4 de febrero visitaron el Departamento de Física del Cinvestav el **Dr. Eduardo Duek** y el **Ing. Robert Sheldon** con el fin de dar a conocer el estado de avance de la construcción del *Superconducting Supercollider* (SSC) en el estado de Texas, EUA, así como para impulsar la formalización de un acuerdo de cooperación binacional para fomentar la participación de científicos, ingenieros y técnicos mexicanos en el SSC. Como resultado de esta visita, el Cinvestav será la institución coordinadora de enlace entre la comunidad científica mexicana y el SSC. En particular, el grupo experimental de altas energías del Cinvestav está participando en el grupo que está diseñando uno de los dos grandes detectores de partículas (GEM: detección de Gamas, Electrones y Muones) que estarán en operación en el SSC.



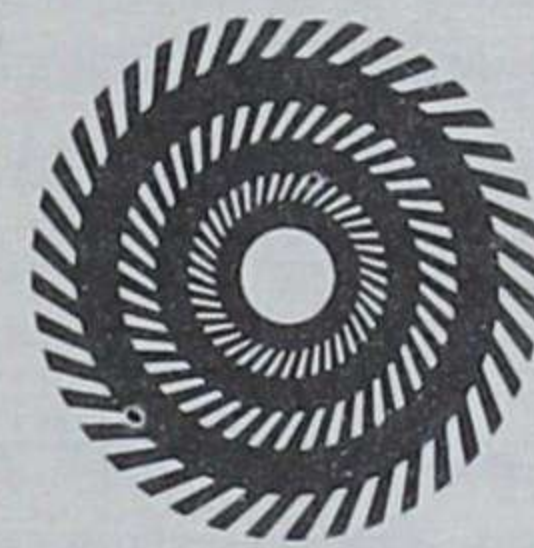


Dr. Roberto Martínez Martínez.

El Dr. Roberto Martínez Martínez presentó su tesis en el Departamento de Física del Cinvestav, con el título "Efectos de un rizo en teorías de norma", bajo la dirección del Dr. Miguel Angel Pérez Angón. El Dr. Martínez es ahora profesor titular de la Universidad Nacional en Bogotá, Colombia, de donde es originario. Esta tesis generó cinco publicaciones originales en revistas científicas y dos contribuciones en memorias de congresos, los cuales ya han acumulado veinte citas en revistas y libros. La principal aportación de esta tesis radica en haber calculado por primera vez los decaimientos radiativos del bosón de Higgs esperado en modelos con simetría ambidiestra (izquierda-derecha). Además, sus resultados corrigieron las estimaciones hechas sobre estos decaimientos por algunos de los principales especialistas en este campo. Con este premio, los egresados del Cinvestav han recibido seis premios Weizmann en el área de las Ciencias Exactas, cuatro de ellos del Departamento de Física, y uno en cada uno de los Departamentos de Matemáticas y Química: Dr. José Luis Arauz Lara (1986, Física, asesor: Dr. M. Medina Noyola); Dr. Cavazos Lerma (1986, Matemáticas, Dr. O. Hernández Lerma); Dr. Gabino Torres Vega (1987, Física, Dr. W.A. Wassam); Dr. José Norberto Farfán García (1987, Química, Dra. R. Contreras); Dr. Alejandro Vizcarra Rendón (1990, Física, Dr. M. Medina Noyola).



El pasado 14 de enero quedó constituida en la Ciudad de México la Sociedad Mexicana de Biología del Desarrollo. En la mesa directiva fundadora de esta sociedad participan tres investigadores del Cinvestav: **Dr. Oscar Ramírez Toledano**, presidente, y profesor titular del Departamento de Bioquímica; **Dra. Graciela Meza Ruiz** vicepresidenta, investigadora titular del Instituto de Fisiología Celular de la UNAM; **Dr. José Luis Reyes**, secretario, profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y neurociencias; **Dr. Carlos Argüello**, tesorero, profesor titular del Departamento de Patología Experimental.



Documentos

XXX Aniversario del CINVESTAV-IPN

Texto leído por la diputada del Partido Popular Socialista, Gabriela Guerrero Oliveros, presidenta de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la H. Cámara de Diputados, el 27 de noviembre de 1991.

Gabriela Guerrero Oliveros

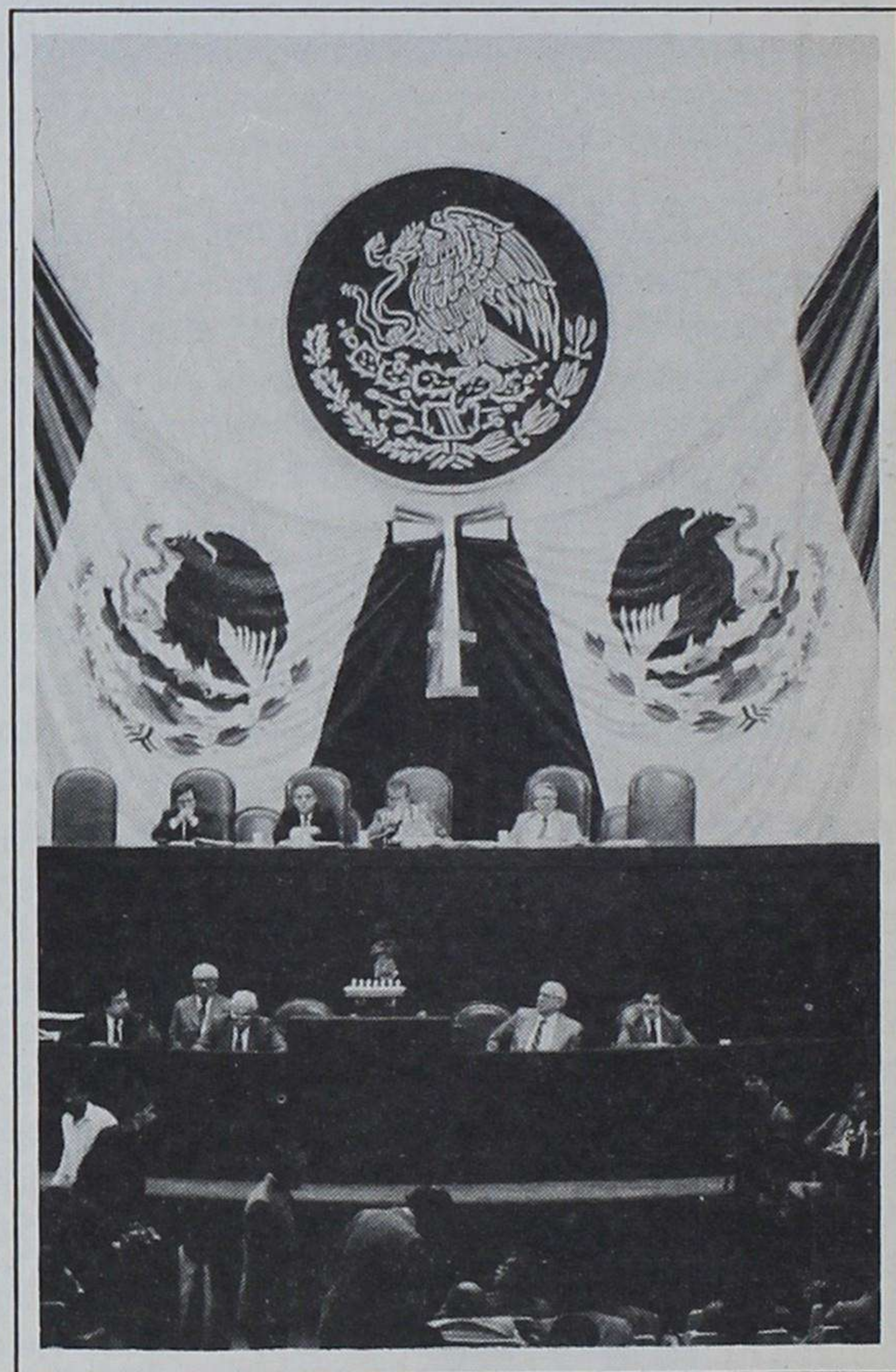
Estamos viviendo uno de los momentos más complejos de la historia moderna. Es una época de cambios acelerados y dramáticos en el escenario internacional. Las relaciones comerciales y políticas entre los estados y naciones se modifican bajo la presión de una economía que se desarrolla impetuosamente y exige mercados cada vez mayores.

La ciencia y la técnica son los elementos clave de esta nueva configuración que va adoptando el mundo de hoy. Al impulsar con sus prodigiosos logros el desarrollo de la industria y los servicios, se convierten en motores del desarrollo económico y social.

Un país que tiene capital y está a la vanguardia en ciencia y tecnología es un país que influye en la economía internacional y pretende imponer sus intereses, sus normas y condiciones a los países que son débiles económicamente y están rezagados en el campo de la ciencia y la tecnología.

Ante este panorama, las aspiraciones de bienestar para el pueblo mexicano, de progreso económico y de independencia plena, enfrentan obstáculos poderosos para hacerlas realidad, al igual que todos los países que están en nuestro mismo nivel de desarrollo histórico.

Esta situación nos obliga a valorar las instituciones creadas por la revolución de 1910-1917 a fin de saber cuáles han probado ser útiles para este gran movimiento social, y cuáles pueden seguir siendo instrumento valioso para la etapa que estamos viviendo.



Esta labor le corresponde a la Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, por ser ella la auténtica representación del pueblo mexicano. Es una tarea elevada, toda vez que se trata de precisar el camino que debe seguir nuestro país para hacer más amplias las perspectivas de progreso social.

Esta preocupación, señoras y señores diputados, constituye el fundamento de este acto de con-

memoración de la Cámara de Diputados de la LV legislatura, con motivo del XXX Aniversario de la fundación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

El CINVESTAV-IPN, como se le conoce hoy día, nace de la entraña del Politécnico, una institución democrática y popular, creada en uno de los momentos más difíciles pero al mismo tiempo de mayor ascenso del proceso revolucionario, como cumplimiento de una deuda social con quienes antes no tenían acceso a la educación superior, pero también como medio para lograr el progreso técnico de la nación, a fin de consolidar y ampliar las posibilidades de desarrollo de las profundas transformaciones que emprendía el régimen del General Lázaro Cárdenas.

Son tiempos en que se vive el umbral de la revolución científico-técnica. El empleo pacífico de la energía nuclear, el descubrimiento del transistor y, más tarde, la conquista del espacio mediante el empleo de la nueva electrónica, hicieron comprender a las autoridades del Instituto Politécnico Nacional que si nuestro país no establecía las bases para el desarrollo de la ciencia y la técnica, entonces no podía esperarnos sino el ensanchamiento del atraso.

No bastaba ya formar buenos profesionistas a nivel de licenciatura; este nivel no podía ya seguir siendo la forma óptima de cumplir con dicha misión. Era necesario enfrentar el reto de abordar los cursos de posgrado y la investigación científica y tecnológica, con el fin de ubicar al país en la nueva época que ya se veía venir y para seguir formando nuevos ingenieros y otros especialistas de nivel de licenciatura con la calidad que los cambios exigían, inquietud compartida por autoridades, profesores y alumnos de la institución.

Pero si nueva era la tarea que debía abordar, también debía ser nueva, revolucionaria, en su carácter, en sus formas de trabajo y organización, la nueva institución que se proyectaba crear.

Los mejores y más prestigiados ingenieros y científicos con que contaba el Politécnico a fines de la década de los 50 se reunieron, a iniciativa del Ing. Eugenio Méndez Docurro, entonces direc-

tor general del Politécnico, para analizar la idea y elaborar el proyecto.

Como en toda empresa grande, hubo discrepancias entre los miembros del grupo de trabajo, pero al final de cuentas las autoridades politécnicas decidieron convertir el proyecto en realidad.

El problema era encontrar a las personas idóneas para este ambicioso proyecto, obteniéndose la cooperación y el concurso de valiosos investigadores como Arturo Rosenblueth, José Adem, Carlos Imaz, Samuel Gitler, entre otros, que aceptaron trabajar junto con profesores politécnicos como Manuel Cerrillo, Jorge Suárez Díaz, Alfredo Baños, Pablo Rudomín, Manuel V. Ortega y otros más, a fin de construir la nueva institución y así colocar un peldaño más elevado en el sistema de educación y de investigación del estado. En esta empresa se contó con la inestimable colaboración de universitarios progresistas, tal como aquella que dio origen al Politécnico mismo.

Las autoridades e investigadores fundadores del Cinvestav tenían las características que se requerían: preparación sólida y actividad científica reconocida en México y en el ámbito internacional.

Con la libertad que demandaron y que se les otorgó para organizar el trabajo; con todo el apoyo de las autoridades de la Secretaría de Educación Pública y del Politécnico; sobre la base de su experiencia y empleando toda su creatividad, estos primeros miembros del Cinvestav crearon las condiciones idóneas para el desarrollo del trabajo científico: un sistema adecuado para la elección y formación de los cuadros científicos; el desarrollo de líneas de investigación de acuerdo a las tendencias de la ciencia universal y a las exigencias culturales, educativas e industriales del país; y el aseguramiento de la base material indispensable para el trabajo científico de calidad, incluyendo un salario digno para el hombre que ha elegido dedicar su vida a la investigación científica.

Conocedores de que el trabajo científico pertenece a una esfera de la actividad humana que se desarrolla con éxito cuando se tiene talento creador, supieron atraer a individuos talentosos, tanto para incorporarse a la planta de investigadores co-

mo para ingresar en calidad de alumnos de los cursos de posgrado; organizar apropiadamente el sistema de selección de su personal académico y estructurar un sistema de educación que propiciaba el desarrollo de los jóvenes estudiantes que ingresaban al centro.

Esta forma nueva de organización, y sus magníficos frutos, pronto le fueron reconocidos al Cinvestav, hasta ser considerado hoy día como un centro de excelencia en la investigación y en la formación de cuadros científicos.

Sus rigurosos criterios de selección le han permitido alcanzar una eficiencia terminal de su posgrado del 80-90%, que es de las más altas del país, y que incluso se compara con algunas instituciones de prestigio internacional. En la reciente evaluación del posgrado nacional, efectuada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el Cinvestav fue la única institución nacional que logró que el ciento por ciento de sus cursos de posgrado fueran calificados como de excelencia.

Del nivel de sus investigadores se tiene como testimonio el hecho de que el Centro ocupa el primer lugar nacional en número de miembros del sistema Nacional de Investigadores, ya que el 80% de sus 446 profesores pertenecen a él en sus diferentes niveles. Además, en sus 30 años de existencia, sus investigadores han sido distinguidos con 83 premios internacionales y nacionales, otorgados por gobiernos, organismos académicos e instituciones sociales.

El reconocimiento internacional a la calidad de sus trabajos no sólo se refleja en la aceptación de sus estudiantes en prestigiadas instituciones extranjeras para llevar a cabo otros cursos de posgrado o para realizar estancias posdoctorales, sino por el número elevado de convenios de cooperación internacional que ha concertado, que en 1990 sumaron 69 y fueron factores importantes para enriquecer sus 462 proyectos de investigación en curso.

La excelencia de los trabajos del Cinvestav no se limita a la calidad de sus investigadores y egresados, sino también en el servicio que presta a la industria. En la actualidad atiende anualmente necesidades técnicas y científicas de 400 empresas nacionales en servicio privado contratado en for-

ma bilateral, además de que crece constantemente la demanda de sus cursos especializados para la industria.

Esta institución, que hoy es orgullo de la Secretaría de Educación Pública, ha madurado. Sus egresados se distribuyen en casi todo el territorio nacional. Al trabajar en otras instituciones, han creado nuevos grupos de trabajo, siguiendo la tradición de calidad de su *alma mater*.

Pero no sólo eso, también ha creado unidades en Guadalajara, Irapuato, Saltillo y Mérida con lo cual se está convirtiendo en una auténtica institución de carácter nacional y en factor de impulso de la actividad académica de tecnológicos o universidades de la región donde sus unidades se instalan, tal como siempre lo han demandado las autoridades y la comunidad toda del Instituto Politécnico Nacional.

El Cinvestav fue producto de una auténtica transformación revolucionaria del Politécnico. Hoy, después de haber alcanzado un nivel de excelencia, se propone también cambios de la misma



Adolfo López Mateos, A. Rosenblueth, M. Moreno Torres y J. Torres Bodet.

envergadura de los que le dieron origen, cambios motivados, como en el pasado, por apremiantes necesidades de la nación para adecuarse al ritmo de los cambios internacionales en el campo de la educación superior y de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

El Cinvestav ha planteado a la Secretaría de Educación Pública un ambicioso proyecto para vincularlo con todos los institutos tecnológicos del país por medio de la tecnología de satélites. Con ello, profesores, investigadores y alumnos en los diversos estados de la república tendrán acceso directo, sistemático y programado, a la experiencia y los conocimientos de los profesores del Centro mediante conferencias, cursos, seminarios o el empleo del acervo bibliográfico allí acumulado. Y con este sistema, profesores y alumnos de los tecnológicos pueden buscar una colaboración más estrecha o ingresar al Centro, para seguir avanzando en su preparación académica. Es de esperar que la Secretaría de Educación Pública, como siempre lo ha hecho, otorgue el apoyo necesario para que este proyecto de interés nacional pronto se haga realidad.

Siendo su actual director el Dr. Feliciano Sánchez Sinencio, quien nos distingue con su presencia en esta sesión, un decidido impulsor de la creación en nuestro país de los laboratorios industriales como el medio esencial para el desarrollo tecnológico nacional y para una vinculación sólida, objetiva y fructífera de los centros de investigación, con la industria y los servicios, la Secretaría de Programación y Presupuesto recientemente tomó el acuerdo de pasar a jurisdicción del Cinvestav el que fuera el Instituto Mexicano de Investigadores Siderúrgicas a fin de que, ahora con el nombre de Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, amplíe el campo de sus investigaciones y se transforme en un laboratorio industrial que sirva de apoyo a la modernización tecnológica de la industria de la región en la que se ubica esta institución, es decir, el estado de Coahuila. Con esta medida se da impulso de una manera consciente y planificada a la política de creación de los laboratorios industriales, lo cual, de tener éxito, como esperamos que así sea, contribuirá a sentar las bases de un prometedor progreso científico y tecnológico de la nación.

Desde hace muchos años, las autoridades y los investigadores del Politécnico llevan adelante una fructífera política de cooperación con América Latina, cooperación que se ubica en el marco del espíritu de los acuerdos de la cumbre iberoamericana de Guadalajara.

Esta vinculación, particularmente con Brasil y Argentina, ha dado por resultado el fortalecimiento de varias áreas de investigación en el Politécnico. Ha contribuido a la consolidación de instituciones como el Centro Latinoamericano de Física y ha hecho posible que brillantes científicos del área se reúnan periódicamente para impartir cursos especiales en aspectos aplicados de la ciencia, a los mejores estudiantes de posgrado de América Latina, en un evento que han llamado apropiadamente Escuela Latinoamericana de Física Aplicada.

Ahora, el Cinvestav, con el propósito de dar un paso más en esta tarea latinoamericanista del Politécnico, ha propuesto enriquecer y modernizar esta colaboración, elevando algunas de las instituciones a la calidad de centros regionales de excelencia; deberán contar con todo el apoyo de los gobiernos de la zona a fin de que dispongan de los recursos necesarios para que allí acudan los investigadores latinoamericanos a desarrollar su talento creador en investigaciones de interés común, así como para transmitir sus conocimientos a estudiantes latinoamericanos que aspiren a prepararse para la investigación de calidad; tales centros regionales estarían conectados por satélite para la transmisión de imágenes, voz y datos. Esta propuesta del Cinvestav ha causado vivo interés en círculos de la comunidad científica latinoamericana, donde se comprende cabalmente que, separados nuestros países, avanzaremos con lentitud y a riesgo de que se agudice nuestro atraso; en cambio, unidos se puede abrir la perspectiva de acortar brechas y lograr éxitos para la ciencia y para el progreso de los países del área.

La creación del Cinvestav no sólo fue una manifestación de la convicción de las autoridades políticas de aquellos años. Era el cambio a seguir para evitar que su institución se rezagara de las corrientes internacionales del pensamiento científico, toda vez que se vivía en países como EUA una etapa

de profunda reforma educativa para que esta nación recuperara la vanguardia en el campo de la innovación tecnológica que veía perdida frente al logro soviético de ser el primero en colocar un ingenio electrónico en órbita circunterrestre. No fue sólo eso. En realidad, desde el punto de vista de las acciones prácticas, constituyó toda una audacia que pocos imaginaron a dónde conduciría.

Hoy, el Cinvestav tiene estos planes que, como los de hace 30 años, parecen ambiciosos y audaces. Pero la tarea cumplida da confianza de que hay conocimiento bastante y experiencia acumulada en su personal académico, como para convertirlos en realidad en el corto o en el mediano plazo.

El Cinvestav es motivo de legítimo orgullo de sus fundadores, de su actual personal académico, de sus alumnos y de sus trabajadores técnicos y administrativos. Quienes forman parte de la comunidad del Centro están conscientes del prestigio de su institución y de la responsabilidad que ésta tiene frente a los retos actuales de nuestro país. Todos ellos trabajan esforzadamente por hacerlo crecer y elevar su calidad. Aun con las discrepancias naturales que surgen entre sus integrantes, sobre todo cuando reclaman justos derechos, ningún sector ha pretendido ni pretende hacer daño a su institución, daño que se reflejaría en todo nuestro sistema científico. Este notable sentido de responsabilidad les debe ser reconocido, y nosotros lo hacemos desde ésta, la más alta tribuna de la nación.

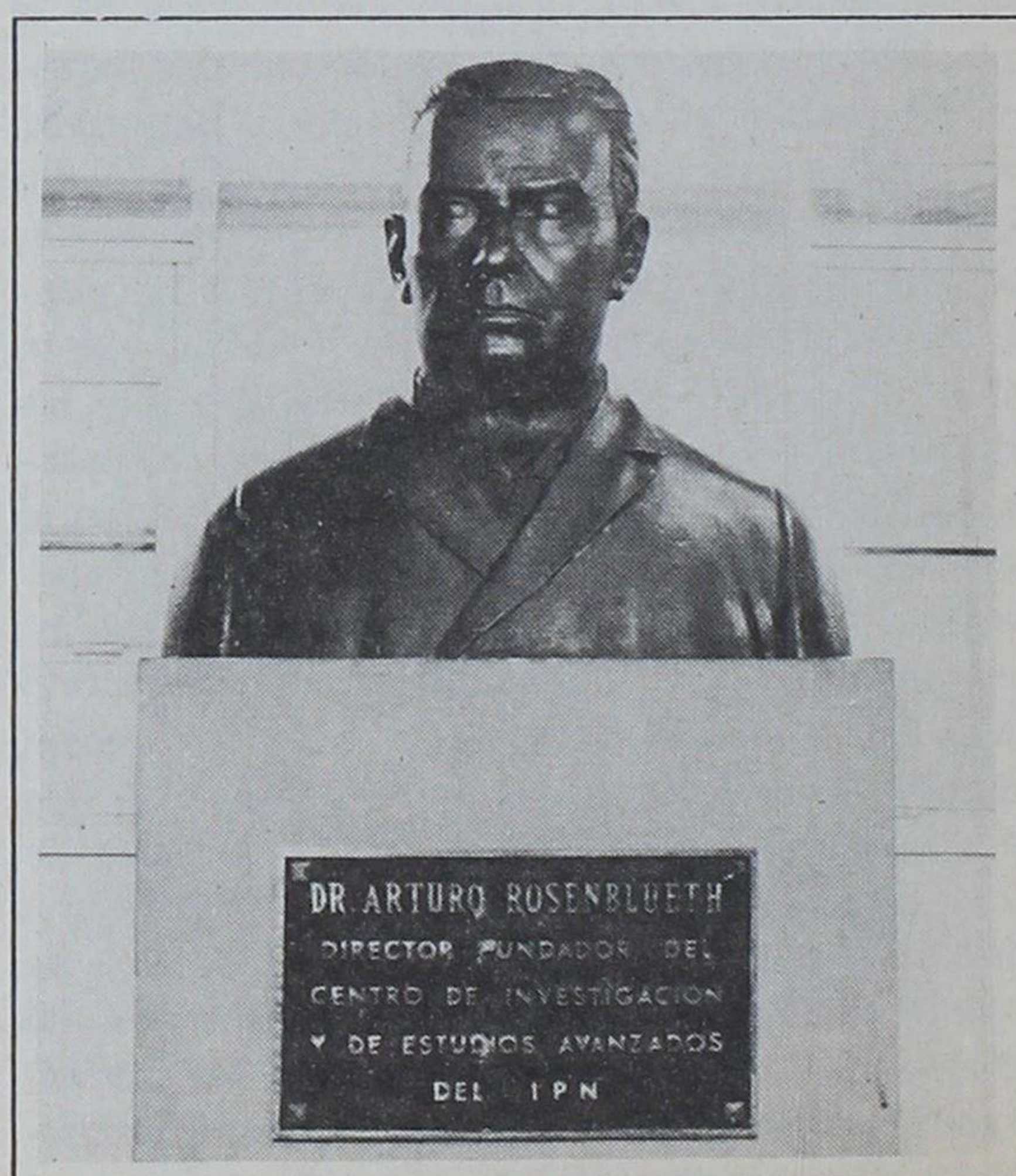
En los últimos años hemos escuchado y leído afirmaciones reiteradas, acusaciones duras, en el sentido de que el Estado es incapaz de administrar, dirigir y conducir instituciones que se distingan por su eficiencia y por su productividad. En el campo de la investigación científica, con los datos expuestos y con otros que por falta de tiempo no damos a conocer, el Cinvestav constituye una prueba fehaciente de lo contrario.

También está en marcha una intensa campaña para convencernos de la supuesta crisis de la educación pública, de su falta de calidad y del esfuerzo titánico que se debería emplear si se le pretendiera reformar. Pero he ahí que el Cinvestav es un centro de educación en el nivel más complejo, más delicado de abordar, que es el posgrado y

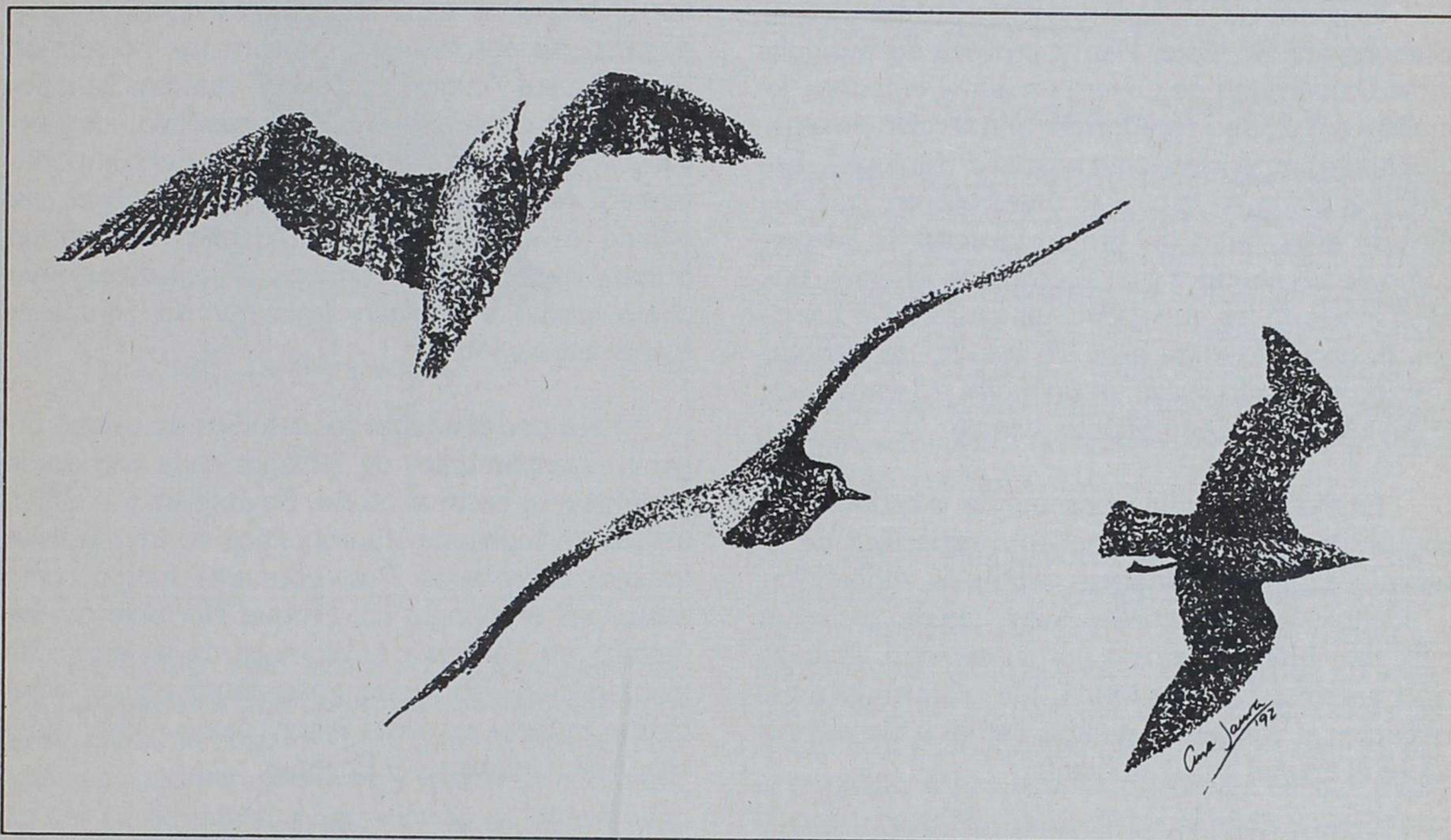
que está sujeto a la evaluación internacional. ¿Y quién o quiénes pueden discutir o negar la calidad del Centro, que constituye la cúspide del vasto sistema de educación tecnológica del país?

Con instituciones públicas como el Cinvestav y con otros también de calidad que por fortuna funcionan en el mismo Politécnico, en la Universidad Nacional Autónoma y en otros centros de educación superior del interior del país, la República puede tener confianza en su porvenir, de que tiene los instrumentos y los cuadros científicos para enfrentar los retos de hoy. No en el número que se requieren, eso es verdad. Pero aumentar el número de nuestras instituciones y elevar su calidad es otra tarea que debemos abordar con la confianza de saber que avanzamos por un camino desbrozado, con mexicanos talentosos, bien preparados, creativos, dispuestos a trabajar apasionadamente, para alcanzar las cumbres del pensamiento científico y de la innovación tecnológica para bien de nuestra patria.

Esa es la lección que nos dan los 30 fructíferos años de existencia del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.



Niko Tinbergen



Ana Laura Ramírez Yrizar

J. Frazier

Introducción

El día 20 de marzo de 1990 se reunieron en Oxford —ciudad de los chapiteles ensoñadores— más de 120 amigos y parientes, tanto de sangre como de la academia, del señor Niko Tinbergen. Para realizar esta conferencia tuvo que pasar más de un año después del fallecimiento del que fuera profesor de la Universidad de Oxford; miembro de la Sociedad Real de Londres; honrado con numerosos premios internacionales, tanto de la ciencia como del arte; co-fundador, junto con Konrad Lorenz y Karl von Frisch, de la Ciencia de la Etología; Premio Nobel; y maestro, compañero y

motivador de innumerables estudiosos de biología y la naturaleza.

Sus trabajos mejor conocidos se enfocan a estudios de animales en el campo, principalmente sobre comportamiento de aves, en particular las gaviotas y gaviotines. Esto sin olvidar sus primeros estudios clásicos realizados mientras fue profesor en Holanda, su país de origen: orientación de avispas cavadoras, despliegues y cadenas de conducta de peces gasterósteos y la historia natural de aves pinzones en Groenlandia.

Luego, durante los años en que estuvo preso por los nazis en un campo de concentración, escribió cuentos sobre animales para sus hijos. Como reflexión de sus trabajos científicos, estos cuentos infantiles no son sólo sencillos, sino interesantes, claros y precisos, los cuales fueron publicados pos-

El Dr. J. Frazier es profesor titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del CINVESTAV.

teriormente y su distribución y lectura han sido amplias.

Después de la Segunda Guerra Mundial, el oceanógrafo Sir Alister Hardy, profesor de Zoología en la Universidad de Oxford en aquel entonces, lo invitó a esa ciudad para formar una sección de estudios sobre comportamiento animal o "Etología". Esta fue la etapa en la cual se desarrollaron los estudios de aves, tanto del propio Profesor Tinbergen como de sus alumnos y colaboradores. Además, publicó libros en los que asentó las bases de la Etología, destacando entre ellos *Un estudio de instinto*, *Comportamiento social en animales*, *El mundo de la gaviota* y *Comportamiento animal*.

Explicó en forma transparente y cautivadora conceptos como comportamiento específico de la especie, signos de conducta, estímulos, motivación y adaptación. Sus conferencias, clases, inclusive películas, fueron famosas por su claridad, innovación y visión. De esta forma, fue motivando a estudiantes y colegas a realizar estudios de campo sobre el animal en su ambiente.

Aunque todos disfrutaron de la libertad de los estudios de campo, él insistió en una disciplina in-

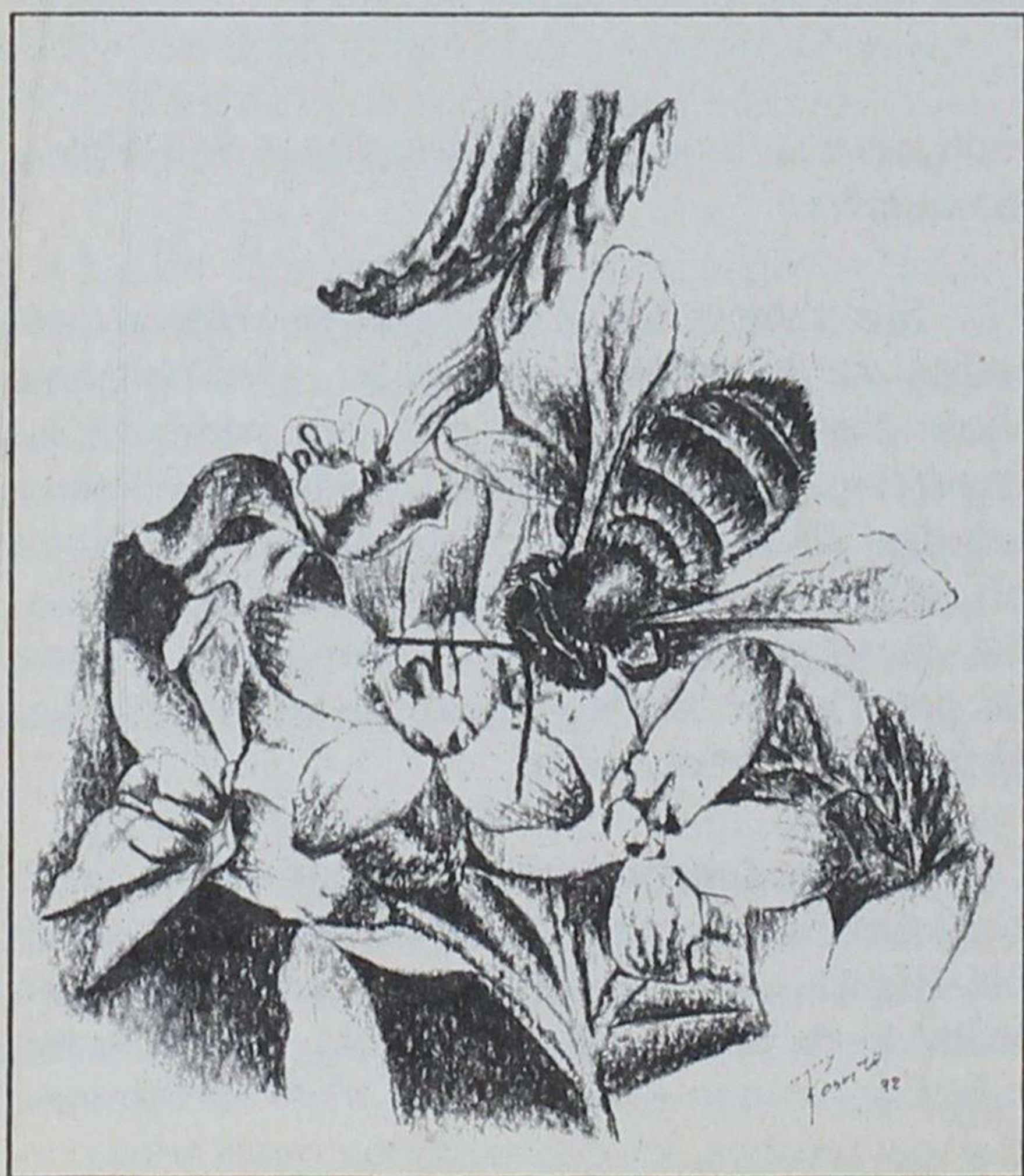
telectual: la formulación de hipótesis y el diseño de experimentos junto con la realización de observaciones para poderlas comprobar. Tema dominante fue encontrar la explicación mecanicista de comportamiento con base en datos reales, no sólo en hipótesis; sus "cuatro preguntas" famosas se enfocaron a las causas, el origen otogenético, los efectos y la función, o valor adaptativo, del comportamiento. Más que nada, fue famoso —hasta casi odiado a veces— por su intransigencia en no aceptar explicaciones confusas o vagas; cualquier relato escrito o hablado tenía que ser completamente claro y lógico.

Para poder realizar los estudios de campo organizó campamentos de biólogos cada año desde la primavera hasta el otoño. Ravenglass y Walney, ambos en Inglaterra, fueron sitios de innumerables trabajos sobre aves. Posteriormente fungió como asesor en el manejo del Parque Nacional de Serengeti, en Tanzania, y alumnos de su grupo de investigación sobre comportamiento animal efectuaron trabajos en áreas lejanas como Africa, Aldabra, Asia, Galápagos y Panamá.

Sus fotografías y películas de animales y la naturaleza fueron profusamente reconocidas con premios internacionales. Cuenta la anécdota que como joven biólogo en Leyden, su profesor lo regañó por haberse esforzado tanto con la fotografía, invirtiendo demasiada energía que, según su maestro, debería haberla utilizado en sus estudios formales.

Aprovechando décadas de observación paciente y meticulosa sobre animales, finalmente trabajó con niños autistas, tarea que empezó su esposa Lies. Gracias a su sensibilidad, paciencia y experiencia, rápidamente descubrieron algunas de las causas básicas del síndrome, sugiriendo algunos "tratamientos" sencillos.

Claro, el señor es famoso en todo el mundo, reconocido por indefinidos logros intelectuales y académicos. Pero su persona llegó mucho más allá que esta serie de relatos. Era sumamente especial en su trato no sólo con sus estudiantes, sino con todo el mundo: humildad, sinceridad, ingenuidad y curiosidad fueron algunas de sus características que los lectores de sus escritos y artículos científicos nunca llegaron a conocer.





De hecho, dejó instrucciones muy claras de que no quería ningún tipo de ceremonia para honrar su memoria después de su muerte. Fue un reto finalmente decidir, planificar y realizar la conferencia del 20 de marzo, pues además de otras cosas, falleció la Señora Tinbergen justo una semana antes de la conferencia. Sin embargo, el deber era no sólo mostrar respeto por Niko Tinbergen, sino vivir su ejemplo. De tal forma, un enfoque dentro de la conferencia fue mirar hacia el futuro; llevar la antorcha que él nos entregó.

En un momento los organizadores invitaron a los discípulos de Niko a participar con escritos sobre él, aunque no pudieran asistir a la reunión. Finalmente sólo seis personas —todas progenie intelectual de Tinbergen— presentaron conferencias, las que se publicarán próximamente en un libro intitulado *The Tinbergen Legacy*, editado por los Dres. Marian Stamp Dawkins. Como escribió Richard en la introducción del libro, el simple hecho de que cualquier media docena de sus muchos descendientes intelectuales pueda representar a todos sus colegas y discípulos, quizás muestra la medida real de Niko Tinbergen.

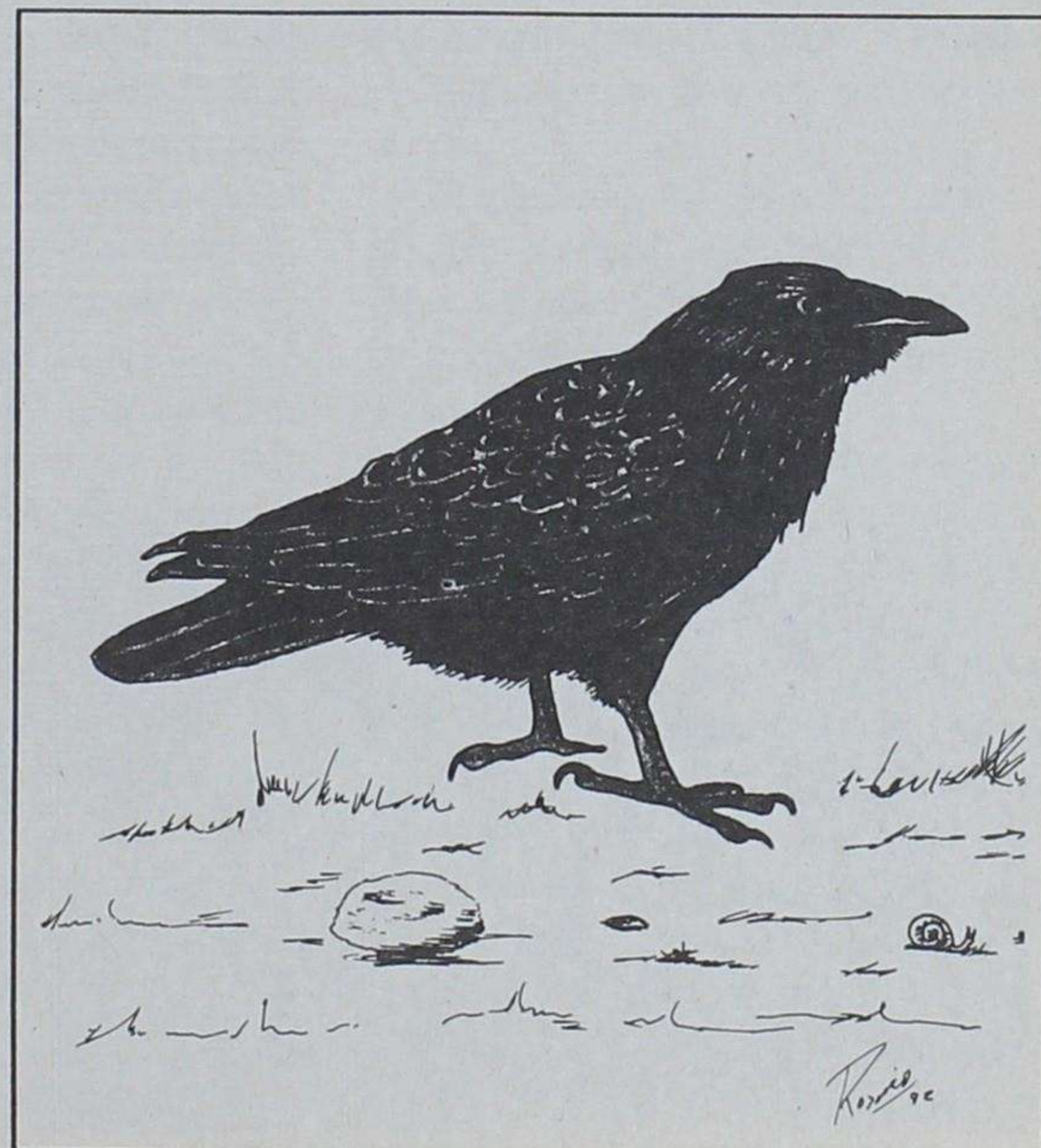
Para la conferencia escribí una palabras. Lamenté mucho no haber podido asistir cuando los seis “representantes” de la herencia de Tinbergen

fueron seleccionados entre los que asistieron. De todos modos, tal vez los lectores de *Avance y Perspectiva* se interesarán en leer esta reflexiones sobre Niko: su ejemplo, creo yo, nos enseña mucho sobre la ciencia y la humanidad.

Reflexiones sobre Niko

La primera vez que escuché rumores sobre la muerte de Niko, los atribuí a un error de Lorenz; viviendo en el Tercer Mundo uno está acostumbrado a noticias tardías y distorsionadas provenientes del Primer Mundo. Lo que es más, habían pasado años, quizá demasiados, desde que había escrito al maestro, y no iba a aceptar una mala jugada que me dejaría en sus malos libros por no haber sido tan sólo un poco cuidadoso o comunicativo.

Llegó el momento de reflexionar sobre Niko, el impacto que había tendido sobre mí y el mundo que he conocido: de hecho no fue nada nuevo, yo había ponderado estas cosas a lo largo de 20 años. Sabía de una reunión de la progenie Tinbergen (tanto académicos como genetistas) en Oxford para conmemorar su legado intelectual, así que escribí para preguntar sobre dicha reunión y añadí mis dos centavos, no mucho acerca de la herencia académica, pero más acerca de la persona. En mi



opinión, había rasgos prominentes personales fundamentales de las características eruditas de las cuales todos nos maravillábamos.

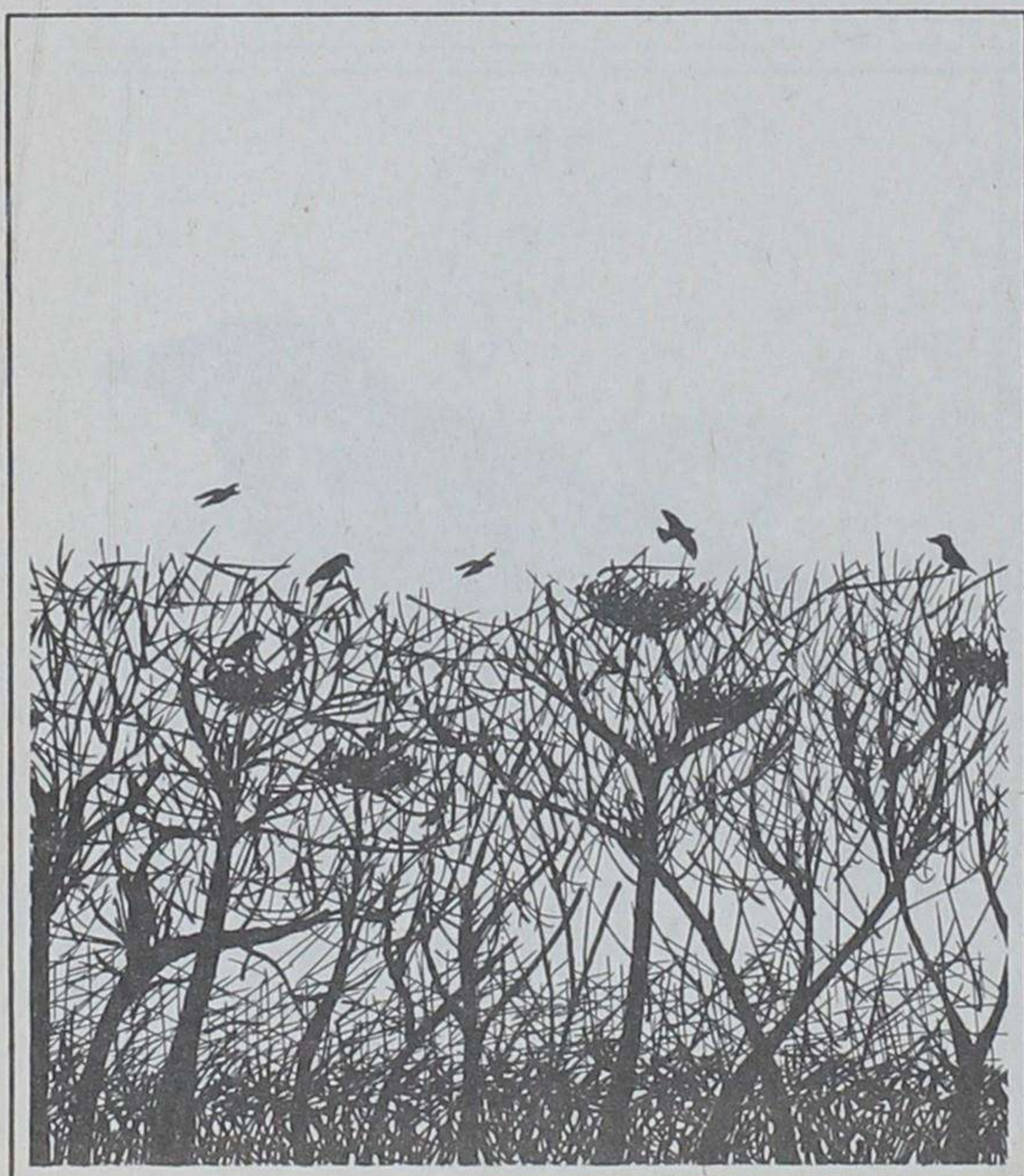
Esencialmente, todas ellas son cualidades que en muchas formas son características más de un muchacho que de un "profesor, doctor altamente erudito, muy conocedor" (como creo que es el título correcto que un alemán debiera haber recibido), distinguido Miembro de la Real Sociedad, laureado Nobel, etcétera, etcétera. No fue sólo la informalidad, si bien estaba muy contento de ser "uno de los muchachos" en el campo, o los adornos exteriores de uno no pretencioso. La clave iba mucho más adentro. Estas cualidades esenciales hicieron no sólo posible, sino fácil, conceptualizar cuestiones incisivas acerca de los fenómenos del comportamiento complejo y entonces investigarlos con experimentos ingeniosamente simples. Es claro que el truco estaba en la simplicidad del procedimiento completo: planteamiento, experimento y explicación. La curiosidad incontenible acerca del mundo natural a menudo parecía ingenuo, ¡pero ese era el secreto! Una manera completamente desenfadada de preguntar las cuestiones más sencillas: "¿Por qué son negros los cuervos?". Y, entonces, investigar de una manera directa y sin

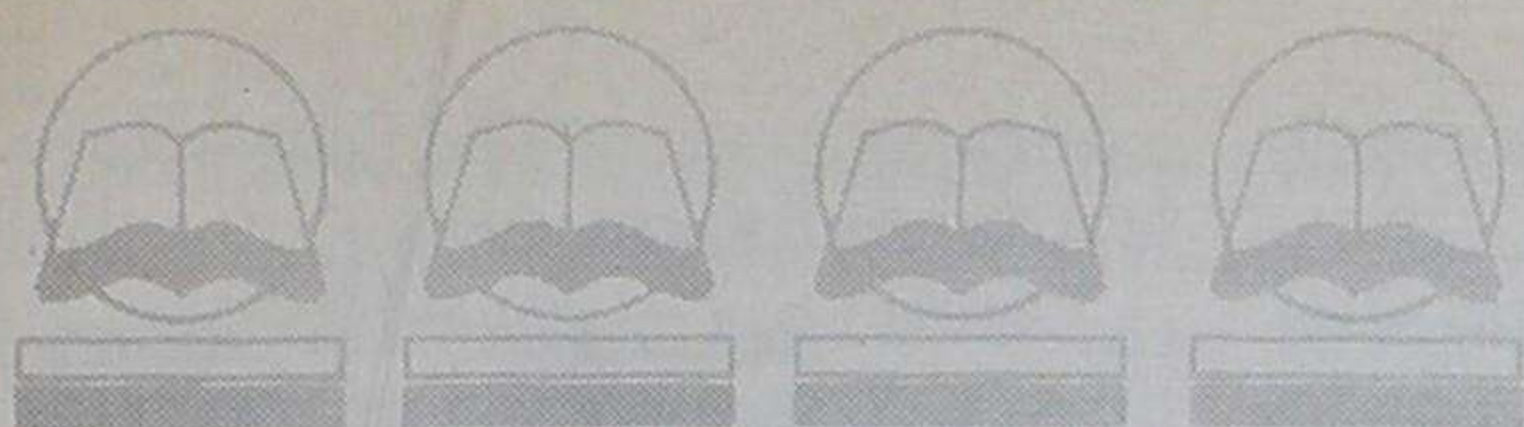
complicaciones, con frecuencia ilustraba que era la candidez lo que estaba a juicio y no lo juzgado (yo todavía no sé por qué los cuervos son negros).

Al ponderar estas cuestiones he apreciado que un biólogo verdadero —uno que trata de entender, pero también apreciar el mundo de las criaturas vivientes— debe ser absolutamente honesto y sincero. Esto es incluso más transparente para aquellos involucrados en el campo de la biología, la ecología, la etología y los problemas de evolución, así como los temas de conversación omnipresentes actuales. Hay *tanto*, *tan* complejo, *tan* interrelacionado, que una simple mente podría esperar descifrar tan sólo la parte más minúscula. Así, la verdadera característica de un biólogo de campo que comprende el tema es la humildad, no simplemente debido al poder y a la complejidad de los procesos naturales, sino verdaderamente humilde. Admitir no saber algo acerca de la naturaleza no es sólo un pecado o señal de debilidad intelectual, sino más bien es una necesidad básica de identificar los problemas y formular cuestiones que darán respuestas en el proceso central de las ciencias: la acumulación y el ordenamiento de la información.

Al tratar con estudiantes, biólogos y naturalistas de varios continentes frecuentemente he recurrido a este ejemplo: la necesidad de cuestiones básicas, simples, y una capacidad generosa para observar, cuestionar, continuar observando y continuar cuestionando. La referencia a sus logros laureados socialmente, por lo común ayudan a imprimir el mensaje sobre la ambición de los estudiantes, tratando de grabar su nombre en el mundo: sólo una vez en la historia de los premios Nobel han sido nombrados "simples" los biólogos de campo; ¿cuál fue el equipo más caro que utilizaron? Un cuaderno de notas y un lápiz, y una mente abierta, inquisitiva!

Es probable que la mejor manera de señalar el Legado Tinbergen me halla sido revelado por una bióloga mexicana a la que "supervisaba" (término que ella refutaría sin duda). Cuando le informé muy apesadumbrado de la muerte de Niko, su respuesta no fue el clásico cliché de simpatía o melancolía, sino que me dijo: "Ahora realmente se le presenta a usted un reto, usted tiene que transmitir a otros lo que él le enseñó".

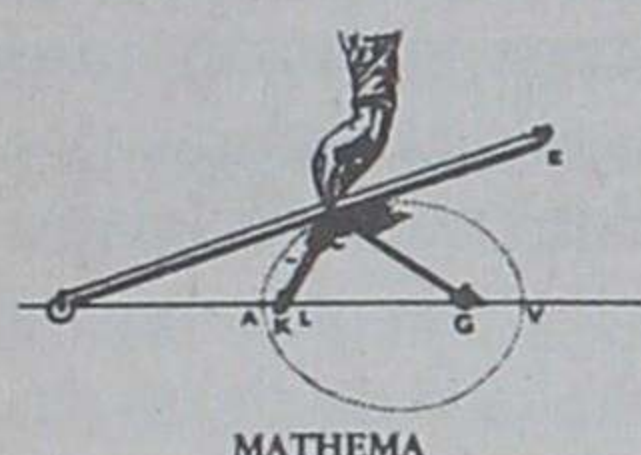




libros

Bernard Bolzano

Las paradojas del Infinito



Las paradojas del infinito, de Bernard Bolzano, primera edición en alemán, Leipzig, 1985; primera edición en español, México, 1991. Trad. Luis Felipe Segura, Serie MATHEMAS, Fac. de Ciencias, UNAM. 161 pp.

Guillermina Waldegg

Origen común del infinito actual y de la teoría de conjuntos

Las paradojas del infinito, última obra de Bernard Bolzano, fue publicada en 1851 tres años después de la muerte del autor. Dentro del contenido matemático y filosófico de este li-

bro resalta de manera notable la conceptualización de dos ideas que serían claves para el desarrollo de la matemática del último tercio del siglo XIX y que determinarían en buena parte la matemática del presente siglo. Estas ideas son el infinito actual y el concepto de conjunto.

Aunque Bolzano había tratado en trabajos anteriores el tema del infinito, es en *Las paradojas* en donde oficialmente se abre a la comunidad la posibilidad de considerarlo dentro de la matemática, con un significado y un campo operatorio propios, y exento de las contradicciones que hasta ese momento habían estado siempre presentes. Al inicio de esta obra, Bolzano argumenta a favor de un tratamiento matemático del infinito, afirmando que las ideas de *finito* e *infinito* se aplican solamente a conjuntos de unidades, es decir, a cantidades. Bolzano usa *cantidad* como sinónimo de multiplicidad o conjunto de unidades (esto incluye los números reales). Puesto que una magnitud es una cantidad, ya que, definida una unidad, la magnitud puede *cuantificarse* en términos de multiplicidades o conjuntos de unidades: el concepto de infinito, en su significado real solamente puede aplicarse a multiplicidades. Corresponde entonces a la matemática, la teoría o doctrina general de las cantidades, el estudio de las cantidades finitas e infinitas, las infinitamente grandes y las infinitamente pequeñas.

El paso decisivo para el estudio matemático del infinito tal y como lo desarrollaría Cantor unos treinta años más tarde, consiste en concebir al infinito como atributo de una colección y no como un objeto en sí. Es decir, en términos gramaticales, *infinito* es un adjetivo y no un sustantivo. En este cambio de funciones resalta el hecho

de que el infinito, bajo la concepción moderna de Bolzano —como infinito actual— y el concepto de conjunto, comparten un origen común y este origen se encuentra, justamente, en la obra que nos ocupa. Hay en esto una contribución definitiva para sacar al infinito del terreno de la metafísica e incorporarlo al estudio de la *ciencia positiva*, al conocimiento científico.

Explicítamente, la motivación de Bolzano para escribir un tratado sobre el infinito la encontramos en el título del libro. “Si no todas, dice Bolzano, la mayoría de las afirmaciones paradójicas que surgen en las matemáticas tienen que ver con el infinito”. Y agrega que estas contradicciones son sólo aparentes, debido casi en su totalidad a la ausencia de un campo bien definido y delimitado, dentro del cual tratar al infinito.

El trabajo de Bolzano nace entonces subordinado a los problemas que quiere resolver a fin de eliminar las situaciones contradictorias. De estos problemas, resaltaremos los siguientes:

- (1) ¿Cuándo es infinito un conjunto?
- (2) ¿Existen conjuntos infinitos?
- (3) ¿Qué relaciones se establecen entre un conjunto infinito y sus subconjuntos propios?

Bolzano inicia su obra expresando la necesidad de definir el término infinito; abre entonces una discusión sobre agregados, conjuntos y multiplicidades con el objeto de referirse al infinito, como ya hemos dicho, como un atributo de estas colecciones. “El agregado, dice Bolzano, es un todo cuyas partes se encuentran bien definidas... por ejemplo [en la oración] *El Sol, la Tierra y la Luna se encuentran en interacción recíproca*... puede afirmarse que el sujeto es un agregado de objetos bien definidos”.

La Dra. Guillermina Waldegg es profesora titular de la Sección de Teoría y Metodología de la Ciencia. Es física de la UNAM y obtuvo su doctorado (Matemática Educativa) en el Cinvestav. Este texto fue leído en la presentación de la serie MATHEMA, publicación de la Facultad de Ciencias de la UNAM, el 6 de junio de 1991.

La distinción entre agregado y conjunto se refiere a la diferencia que hoy identificaríamos entre colecciones estructuradas y colecciones desestructuradas en términos, principalmente, de una estructura de orden: un conjunto es una colección con una cierta estructura de la cual se prescinde. En palabras de Bolzano:

"Llamamos conjunto a un agregado que depende de un concepto respecto al cual el orden de sus elementos es indiferente (relación en la que, por lo tanto, no hay una modificación esencial cuando el orden se modifica)"

En cuanto a una multiplicidad, se trata de un conjunto de unidades idénticas. A partir de estas consideraciones Bolzano contestará la primera de nuestras preguntas mediante la definición de multiplicidad infinita como aquella constituida de tal forma que "toda multiplicidad finita represente sólo una parte de ella".

El segundo problema que se plantea Bolzano se refiere a la existencia

objetiva de las colecciones actualmente infinitas. Bolzano afirma:

"Lo único que no me parece aceptable es la pretensión filosófica de conocer un objeto al que justificadamente puede adscribirse el predicado de ser infinito, sin que se haya demostrado previamente, en relación al mismo, la existencia de una multiplicidad con esta propiedad."

Para dar respuesta a esta necesidad, Bolzano afirma que "el conjunto de todas las proposiciones y verdades absolutas es evidentemente infinito". Recordemos que, menos de 40 años tarde, en 1887, Dedekind¹, dentro de un ambiente matemático radicalmente distinto al que rodeó a Bolzano, *demuestra* que existen conjuntos (sistemas, los llama él) infinitos, con el argumento de que "mi propio mundo de pensamientos (la totalidad de las cosas que pueden ser objeto de mi pensamiento), es infinito".

Para Bolzano, la totalidad de los juicios verdaderos está gobernada por una cierta "conexión objetiva" a través de la cual algunos juicios son fundamentos para otros. El propósito central de una exposición científica es representar estas conexiones objetivas entre juicios, es decir, seleccionar un conjunto de juicios y organizarlos de tal manera que quede explícito cuáles de ellos son consecuencia de cuáles. Una *verdad en sí* es una proposición que establece *algo tal como es*, independientemente de que se le conozca, se le piense o se le verbalice. A esto lo llama Bolzano el sentido objetivo abstracto de la verdad². El conjunto de estas verdades es de acuerdo a Bolzano, infinito: la demostración parte de la proposición *existen verdades*, que es una verdad en sí, y que sirve de base para la construcción de un conjunto inductivo infinito. De este modo de existencia se desprende que, para Bolzano, los conjuntos de los que se ocupa la matemática son conjuntos abstractos, cuya existencia, como la de las verdades en sí, es anterior e independiente de la matemática y de los matemáticos; los conjuntos infinitos

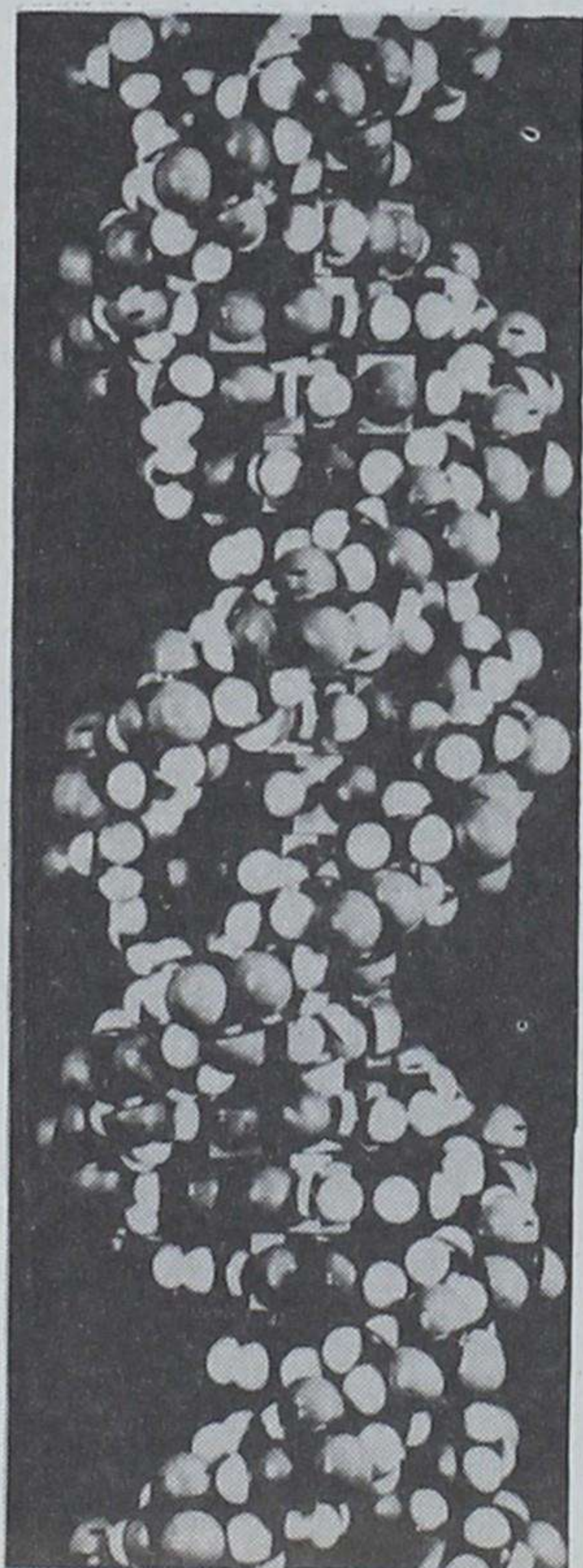
existen, pero su realidad debe ser objeto de una demostración.

Dentro de la misma argumentación a favor de la existencia de conjuntos infinitos, Bolzano introduce un argumento clave en la conceptualización del infinito actual. Refuta a quienes pudieran afirmar que no existen conjuntos infinitos, ya que no es posible ni aún en el pensamiento reunir sus elementos para formar un todo. Bolzano contesta que este argumento se basa en "la idea errónea de que para construir el conjunto cuyos elementos son a,b,c,d,... debemos primero concebirlos separadamente". Más bien, continúa Bolzano, lo que es cierto es que podemos imaginar el todo sin formarnos una representación por separado de cada uno de los elementos del conjunto: como cuando imaginamos el conjunto de "los habitantes de la ciudad de Praga o de Pekín sin que por ello debamos tener una representación particular de cada uno de ellos". Bolzano resalta aquí una característica básica del concepto de conjunto: el conjunto como un objeto *sincrético*. Es solamente con esta idea de conjunto que es posible conceptualizar el infinito actual.

Un punto crucial para la inserción del infinito dentro de la matemática es la posibilidad de cuantificar los conjuntos infinitos, lo cual nos lleva, como primer paso, a la necesidad de compararlos. La comparación de conjuntos infinitos está soportada por una convicción totalmente novedosa en la matemática de la primera mitad del siglo XIX: existen infinitos diferentes.

"Es evidente que quienes definen el infinito como lo que no es susceptible de un incremento, encontrarán no sólo paradójica, sin abiertamente contradictoria la afirmación de que un infinito puede ser mayor que otro".

Galileo había dado a este problema una respuesta lapidaria: no podemos hablar de cantidades infinitas mayores, menores o iguales a otras³, ya que las leyes de comparación válidas para cantidades finitas nos llevan a conclusiones erróneas cuando se trata de



aplicarlas a cantidades infinitas. Tal era la *doctrina oficial* en esta época. Bolzano contraataca por la vía de mostrar ejemplos de conjuntos que —bajo sus propios criterios— son *obviamente* diferentes: “existen más cantidades (números reales) que números (enteros)”.

Una vez mostrada la existencia de conjuntos infinitos diferentes, Bolzano procede a su comparación. En su análisis, considera que dos conjuntos infinitos pueden estar relacionados de dos maneras:

“(1) que cada uno de los elementos de cualquiera de ellos se encuentre asociado con un elemento del otro, no existiendo ningún objeto en ninguno de los dos conjuntos que entre en esa relación con más de un elemento del otro; y

(2) que uno de los conjuntos incluya al otro como una parte de sí mismo”.

Para Bolzano, el criterio adecuado de comparación de conjuntos debe basarse en la relación parte-todo entre ellos. A partir de estas consideraciones enfatiza el hecho de que si bien puede establecerse una correspondencia uno-a-uno entre un conjunto y un subconjunto propio, no se justifica la conclusión de que ellos sean equinumerosos. La posibilidad de establecer tal correspondencia aparece como una característica, ciertamente paradójica, pero al final de cuentas característica de los conjuntos infinitos. Sus argumentos pueden apreciarse en la siguiente cita:

“Estoy lejos de negar que un aire paradójico rodea estas afirmaciones. Su origen hay que buscarlo en la circunstancia de que la relación mencionada entre dos conjuntos, en términos de acoplamiento, realmente es suficiente, en el caso de conjuntos finitos, para establecer la perfecta equimultiplicidad de sus miembros... se crea entonces la ilusión de que esto mismo debe cumplirse cuando los conjuntos son infinitos.”

Este es —coincido con Jan Sebestik en el prólogo a la primera edición

en español de *Las Paradojas*—, uno de los resultados más importantes del trabajo de Bolzano sobre el infinito: el establecimiento de la correspondencia biyectiva de un conjunto con uno de sus subconjuntos propios, y el reconocimiento de que dicha propiedad es exclusiva de los conjuntos infinitos. Bolzano abre con ello el camino para establecerla, como después lo harían Dedekind y Cantor, como propiedad definitoria de los conjuntos infinitos.

Ya se ha señalado que la relación parte-todo es el elemento que le permite a Bolzano afirmar que un conjunto es mayor que otro en cuanto a su numerosidad:

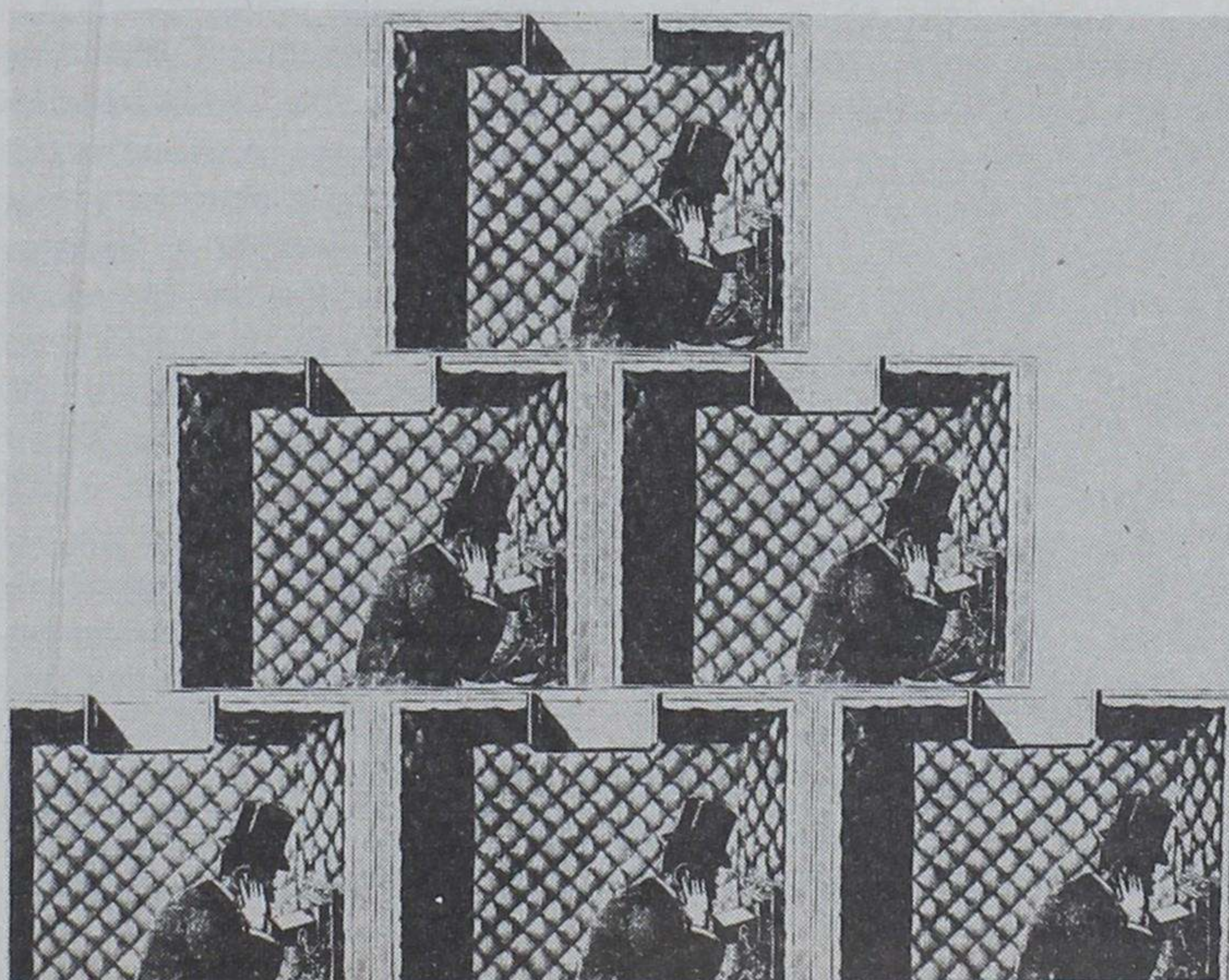
“No es lícito inferir la igualdad con respecto a la multiplicidad de sus elementos de dos conjuntos infinitos a partir del solo hecho de que ambos se encuentren entre sí con la propiedad del apareamiento de los términos de uno con los del otro... puede ocurrir que, a pesar de mantener esta relación, los conjuntos difieran respecto a la multiplicidad y que, por ejemplo, uno de ellos no sea sino un todo del cual el otro consituya tan sólo una parte”.

A partir del criterio de comparación basado en la relación parte-todo, Bolzano desarrolla una aritmética del infinito, definiendo las reglas para operar

con él. Se plantea, por ejemplo, la comparación entre los conjuntos de puntos de un segmento y de la superficie de un cuadrado o entre los conjuntos de puntos de dos segmentos de diferente longitud. Bolzano afirma que las características geométricas de las figuras en cuestión determinan el “tamaño” de los conjuntos asociados. Veamos lo que dice a este respecto:

“Sea E el conjunto de puntos que se hallan entre a y b, incluidos éstos... el conjunto de puntos de la superficie del cuadrado [de lado ab], incluyendo la periferia será igual a E² ... debemos atribuir a una recta una longitud infinita y un conjunto de puntos infinitamente más grande, que el conjunto de puntos del segmento unitario.”

En este punto aparece una distinción crucial entre la obra de Bolzano y la obra de Cantor que tendrá repercusiones negativas en los intentos de Bolzano de aritmetizar su tratamiento del infinito. La elección del criterio de comparación que hace Cantor, en términos de la relación uno-a-uno entre los elementos de los conjuntos comparados, le permite definir, en su momento, el concepto de número cardinal con toda la riqueza teórica que de él se deriva. La elección de Bolzano tendría que esperar un poco



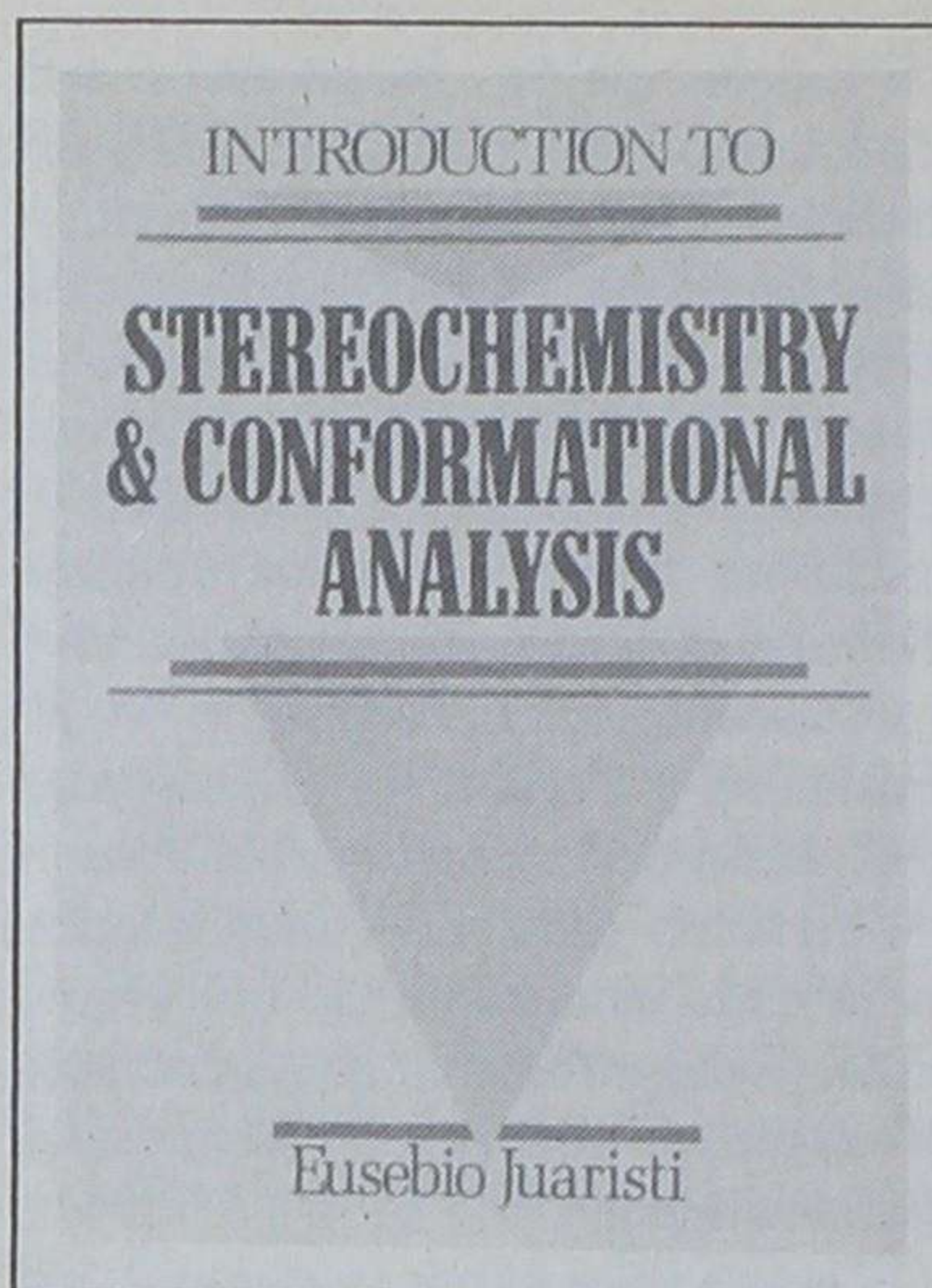
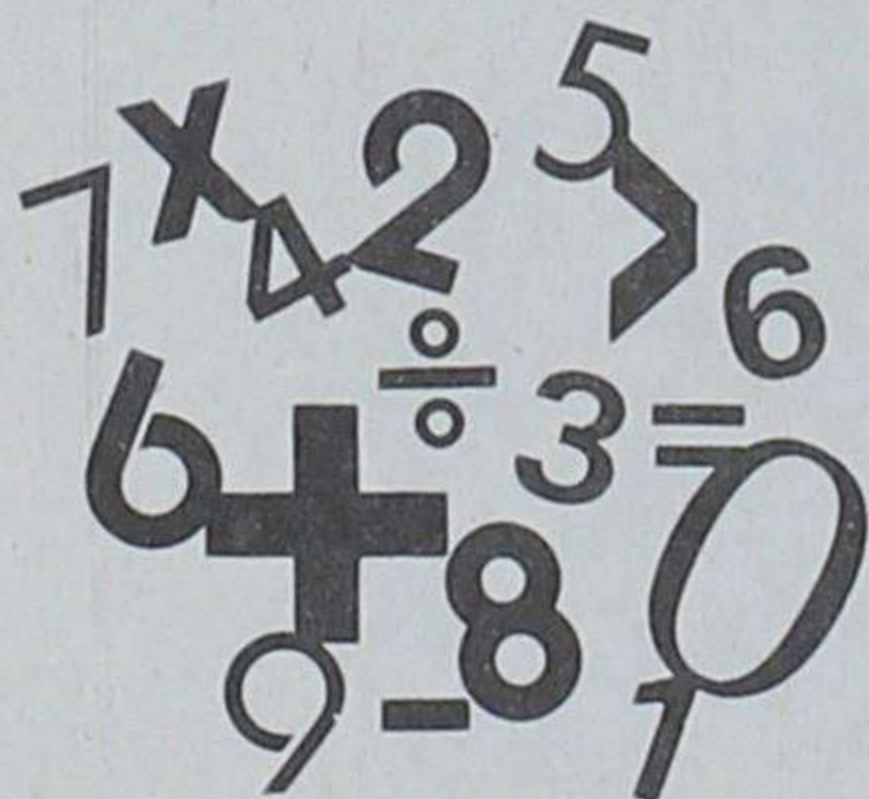
más —hasta que se desarrollará la teoría de la medida— para obtener resultados importantes.

Quisiera terminar estos comentarios con una cita de Cantor, extraída de sus *Grundlagen*⁴, a propósito de las paradojas del infinito:

“Bolzano es quizás el único que, con cierta amplitud, sitúa a los números genuinamente infinitos en su justo lugar... (pero) le hace falta tanto el concepto general de potencia de un conjunto, como un concepto preciso de número de elementos... ambos conceptos aparecen en forma germinal en varios lugares... pero (Bolzano) no los trabaja con suficiente claridad... los cual explica varios errores contenidos en este valioso ensayo.”

Notas

1. Dedekind, R., “The Nature and Meaning of numbers”, en *Essays on the theory of Numbers* p. 64, Dover, N. York 1966.
2. Bolzano, B., *Wissenschaftslehre*, Seidel in Sulzbach, 1837 (*Theory of Science*, Oxford, Basic Blackwell, 1972, pp 39-40).
3. *Dialogue Concerning Two New Sciences*, Dover, 1954.
4. Cantor, G., “Grundlagen einer Allgemeinen Mannigfaltigkeitslehre”, Leipzig, 1883 (*Foundations of a General Theory of Manifolds*, en *The Campaigner*, Vol. 9, 1976, p. 78).



Introduction to stereochemistry and conformational analysis, Eusebio Juaristi, Wiley-Interscience, Nueva York, 1991.

Gabriel Cuevas

La determinación de la estructura molecular requiere en principio conocer la composición y la conectividad presentes en un compuesto, y es en esta temprana etapa cuando aparece el concepto de isomería. Así, el éter metílico y el etanol son isómeros constitucionales, pues presentan la misma composición (C_2H_6O), pero muestran distinta conectividad, lo que hace que sus propiedades fisicoquímicas sean espectacularmente diferentes. Por ejemplo, el primero de estos compuestos, el éter metílico (CH_3-O-CH_3), funde a $-140^\circ C$ y tiene un punto de ebullición de $-24^\circ C$, mientras que el etanol (CH_3-CH_2OH) tiene un punto de fusión de $-115^\circ C$ y ebulle a $78^\circ C$.

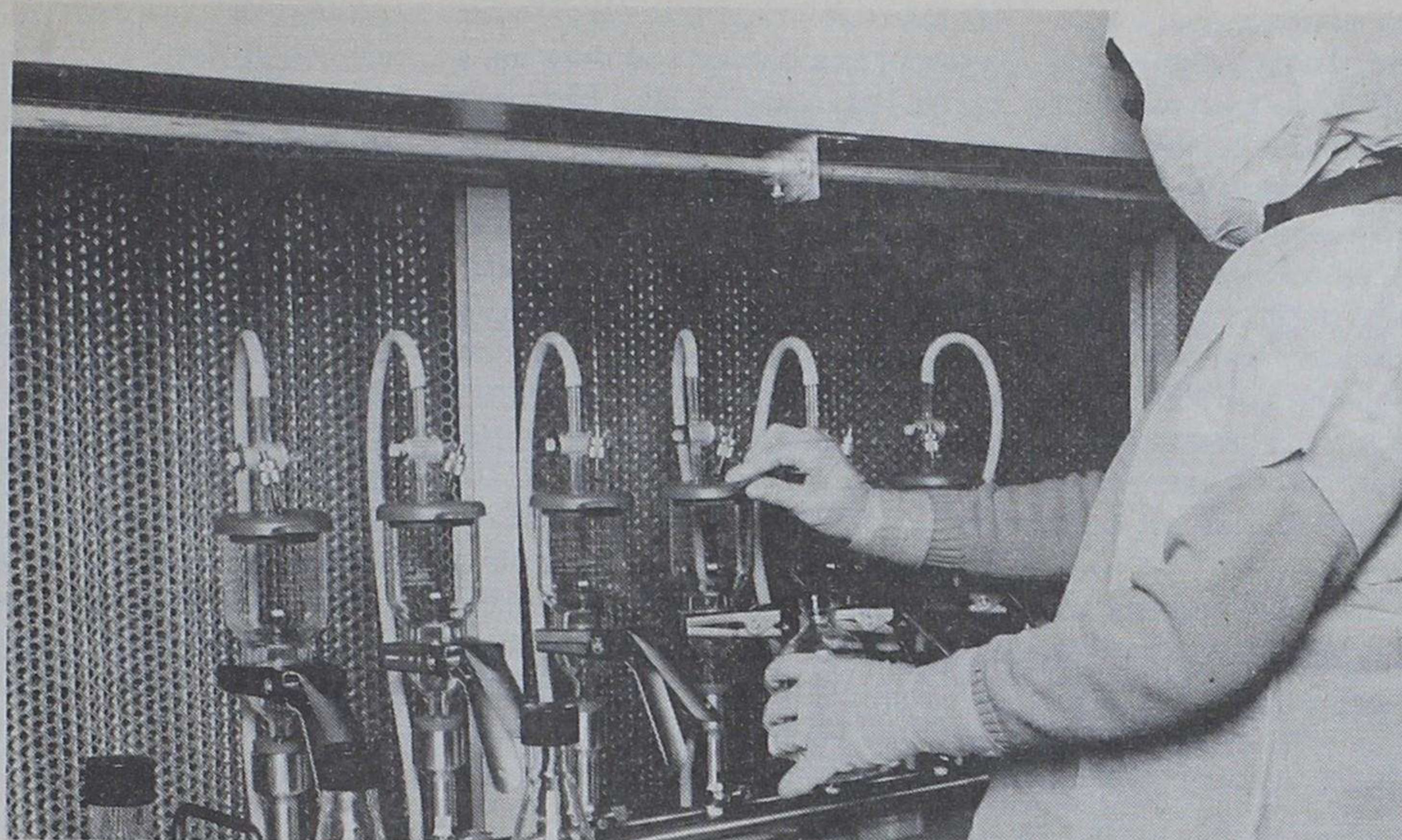
Sin embargo, el problema de la isomería no se detiene allí. Dos compuestos con idéntica constitución y

El M. en C. Gabriel Cuevas es químico de la Universidad La Salle, obtuvo su grado de maestría (Química orgánica) en la FQ-UNAM y realiza su programa de doctorado en el Cinvestav.

conectividades pueden mostrar propiedades fisicoquímicas diferentes si presentan asimetría. Acudiendo al átomo de carbono (aunque el fenómeno no está restringido a él), si éste muestra cuatro ligandos diferentes que se disponen espacialmente en los puntos que ocupan los vértices de un tetraedro, se pueden encontrar dos arreglos espaciales distintos entre ellos. Uno es la imagen especular del otro, insuperponibles, tal y como lo son nuestras manos (origen del término quiral; $\chi\alpha\iota\rho$ -quiros: mano). Ambos compuestos son idénticos en cuanto a sus propiedades físicas cuando éstas se miden en ambientes simétricos, pero cuando este par de isómeros se introducen en ambientes físicos o químicos asimétricos, la situación es muy diferente.

Para aclarar un poco esta situación de los ambientes simétricos y asimétricos, imaginemos un par de guantes en una caja de cartón. El guante derecho y el izquierdo pueden ser depositados con igual facilidad en el interior de la caja. No es necesario tener cuidado sobre el orden en que se guardaron, pues la caja constituye un ambiente simétrico. Esta situación cambia cuando estos guantes deben colocarse en las manos de un sujeto. El derecho sólo puede ponerse en la mano derecha, y hay dificultades para colocarlo en la izquierda. Esto sucede porque el sujeto constituye un ambiente asimétrico. Al par de compuestos a los que nos hemos venido refiriendo se les denomina enantiómeros; el carbono que presenta los cuatro ligandos diferentes es el origen de este fenómeno y se le denomina centro estereogénico (el término de carbono quiral ha sido muy criticado y está prácticamente en desuso). Parece poco interesante el hecho de que este tipo de isómero presente propiedades químicas diversas en ambientes asimétricos, pero... ¿hay algún ambiente asimétrico más importante que los sistemas biológicos, que el hombre mismo?

Se conocen muchos pares de compuestos enantioméricos, en los que



uno de ellos muestra propiedades terapéuticas u organolépticas de utilidad medicinal o comercial mientras que el otro es un compuesto tóxico con olor o sabor inconveniente o simplemente inactivo.

El análisis conformacional está relacionado con la disposición de los átomos en el espacio. El giro alrededor del enlace que une a dos átomos suele tener estados de diferente energía, lo que obliga a una molécula a buscar arreglos de bajo contenido energético, arreglos a los que se denominan conformaciones y que condicionan su reactividad y la selectividad con la que ocurren las reacciones químicas en las que participa. La vinculación de la estereoquímica, el análisis conformacional y la síntesis orgánica ha resultado fructífera: la síntesis asimétrica es el producto de ello. Los procesos de síntesis asimétrica permiten la preparación de uno solo de los dos compuestos que constituyen un par enantiomérico. Para conseguir eso se requiere del estudio profundo de los intermediarios y de los estados de transición por los que transcurre una determinada reacción, lo que ha permitido generar métodos útiles a nivel industrial para preparar carbógenos

en forma enantioméricamente pura, y el desarrollo de enzimas sintéticas.

De todo esto se desprende la importancia total de la estereoquímica y del análisis conformacional, y de ahí la importancia de enseñarla en forma apropiada. La estereoquímica y el análisis conformacional son disciplinas tan hermosas y útiles como difícil es enseñarlas.

El primer problema que se presenta en el proceso de su impartición lo constituye el hecho de que el fenómeno es un problema tridimensional. El tener que imaginar estructuras en el espacio a partir de representaciones en un papel o un pizarrón, y además de que esas formas espaciales se muevan conduciendo la reactividad y la selectividad es, para muchos estudiantes, un impedimento en apariencia insalvable.

Adquirir los hábitos y la costumbre de imaginar en *tercera dimensión* requiere, además de un profesor realmente bueno, algunas horas de autoenseñanza; es en este punto cuando un libro de texto se hace indispensable. El libro *Introduction to stereochemistry and conformational analysis* del Dr. Eusebio Juaristi está llamado a ser, sin duda alguna, ese

medio de apoyo didáctico que arriba menciono.

Uno de los principales valores del libro en cuestión es que está escrito por alguien que se ha dedicado a enseñar estas materias y que conoce los problemas y las necesidades que muestra un alumno en formación. Sabedor de la necesidad de ser claro y preciso en la exposición, el libro ha sido escrupulosamente planeado en cuanto al orden y contenido de los temas. El estado actual del libro comprende doce años de evolución, dos ediciones previas y una depuración exhaustiva de las referencias bibliográficas que incluye, de forma tal que cita los trabajos que son ya clásicos de la estereoquímica y el análisis conformacional, sin descuidar las contribuciones más recientes en este campo en plena expansión. Con este fin se incluyen referencias hasta el año 1990, situación poco usual en libros con enfoque didáctico. De esta forma el alumno tiene la oportunidad de recurrir al trabajo original y conocer los conceptos valiosos directamente de su autor primigenio.

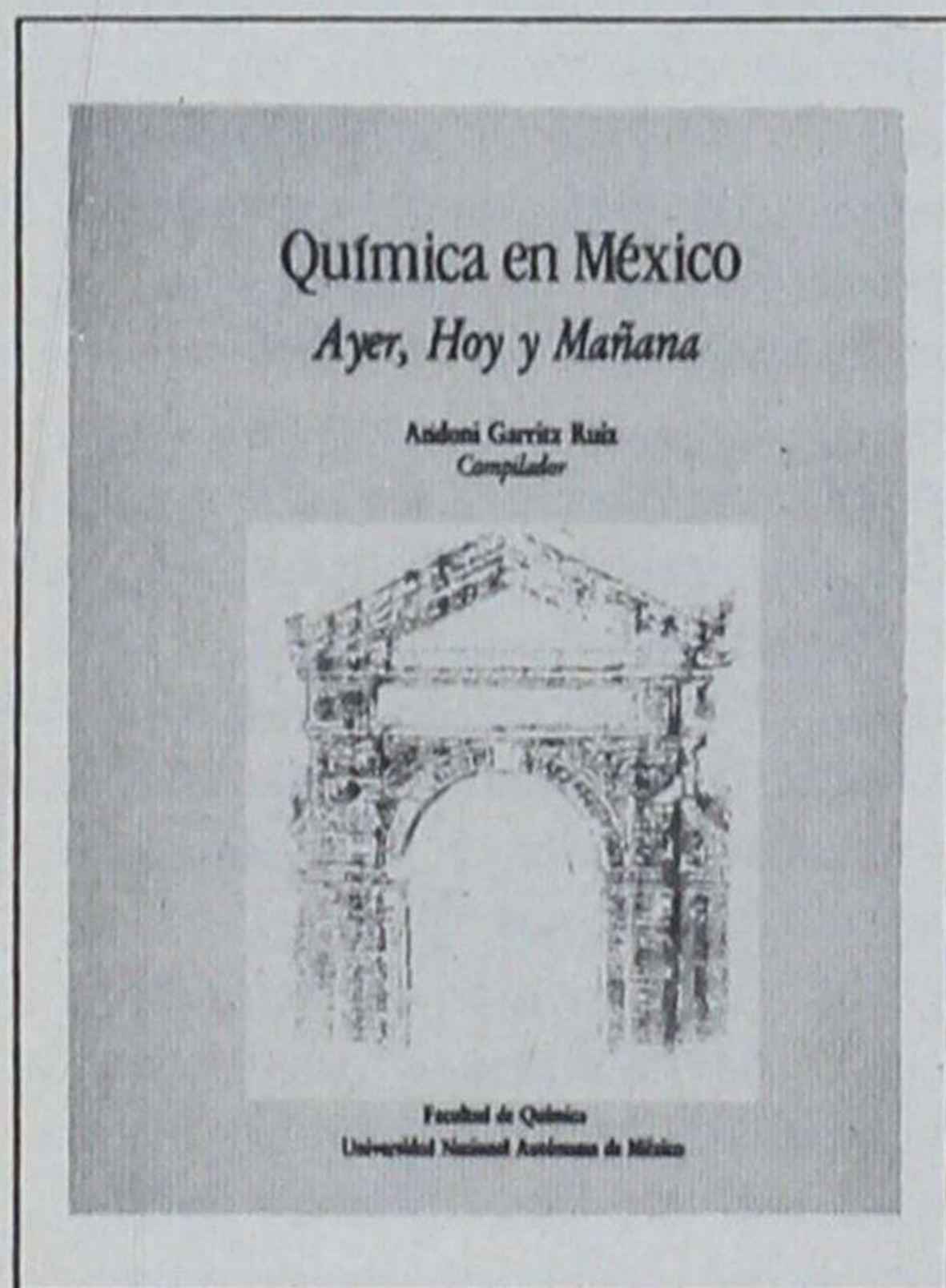
Es importante enfatizar el lenguaje claro que se emplea a lo largo del texto, pues es una de las razones que lo

hace fácilmente comprensible y agradable a la lectura. La profusión de ilustraciones ayuda tanto a su comprensión como a enfatizar conceptos. El libro ha requerido de más de 250 ilustraciones que comprenden esquemas, figuras, tablas, reacciones, etc., todas con un valor didáctico inobjetable. Pocos libros de texto han pasado las pruebas a las que ha sido sometido el de Eusebio Juaristi: la formación de un buen número de sus alumnos en esta área del conocimiento así lo demuestran.

El libro consta de 18 capítulos. Los primeros cuatro abordan los aspectos básicos y conceptuales de la estereoquímica, mientras que los diez siguientes exponen los conceptos aplicables a

las reacciones orgánicas, desde la estereoquímica con las que éstas transcurren hasta los principios básicos de síntesis asimétrica. Incluye un capítulo (el octavo) sobre la pureza enantiomérica y otro más (el noveno) sobre los métodos para efectuar la resolución de racematos. Los capítulos restantes se desarrollan en la línea de la síntesis asimétrica y las diversas estrategias para abordarlas: mediante el empleo de catalizadores quirales (capítulo 10), por medio del empleo de sustratos quirales (capítulo 11) y mediante el empleo de reactivos quirales (capítulo 12). Los capítulos catorce a dieciocho incluyen aspectos del análisis conformacional en sistemas carbocíclicos y acíclicos (capítulo 14) y en sistemas

heterocíclicos (capítulo 16). El tratamiento del efecto anomérico y de los efectos *gauche* atractivos y repulsivos tienen, además del valor didáctico inherente, el indudable valor de haber sido escritos por uno de los líderes en el desarrollo de esa área en el ámbito internacional. En el capítulo 15 se tratan los aspectos de aplicación de la espectroscopía de resonancia magnética nuclear dinámica a los problemas propios del análisis conformacional. Con todo esto se puede brindar al lector un panorama descriptivo de uno de los textos que indudablemente llegará a ser uno de los libros clásicos de estereoquímica y análisis conformacional.



Química en México, ayer, hoy y mañana, Andoni Garriz Ruiz, ed., Facultad de Química, UNAM, 1991.

Ma. de Jesús Rosales Hoz

Este volumen fue publicado como parte de los festejos del septuagésimo quinto aniversario de la fundación de

la Facultad de Química de la UNAM. El libro contiene, además de una presentación del Dr. A. Garriz, una introducción escrita por el Dr. Francisco Barnés de Castro, director de dicha facultad, y 27 contribuciones de diferentes autores. De esta manera encontramos textos referentes a la historia de la química en México, desde la época prehispánica hasta nuestros días, con algunos capítulos dedicados a la historia de diversas instituciones nacionales en donde se realiza investigación y/o se enseña química (IQ-UNAM, FQ-UNAM, ESIQIE-IPN, ITESM y CINVESTAV). Se encuentran también capítulos dedicados a analizar diversos aspectos históricos y perspectivas de diferentes áreas de la química, como la ingeniería química, la siderurgia, la fisicoquímica, la química analítica, teórica, ambiental, farmacéutica, de productos naturales, la bioquímica y la biotecnología, así como un análisis del estado actual y futuro de la industria química. Finalmente se dedica un capítulo al análisis de la matrícula en las escuelas de química, de las currícula

de las carreras relacionadas con la química y del futuro de la educación en química.

Aun cuando el libro adolece de algunos defectos de cohesión y continuidad que el mismo editor reconoce en su presentación, con su lectura es posible obtener una visión global bastante amplia del desarrollo de la química en México. Hubiera sido conveniente lograr un panorama más completo al incluir áreas tan importantes como la química orgánica e inorgánica, que aunque son especialidades jóvenes, y con poca tradición en México, ya han hecho contribuciones importantes. En resumen, si se quiere conocer aspectos generales de la enseñanza, investigación y desarrollo de la industria química en México, este libro es un buen punto de partida.

La Dra. Ma. de Jesús Rosales Hoz es profesora titular del Departamento de Química del Cinvestav. Es química de la UNAM y obtuvo su doctorado en Cambridge, Inglaterra. Su campo de investigación es la química de cúmulos.



El método científico y los límites de la ciencia

¿Se puede desvirtuar el método científico en áreas de la ciencia que se hallan cercanas a los límites humanos de perceptibilidad?

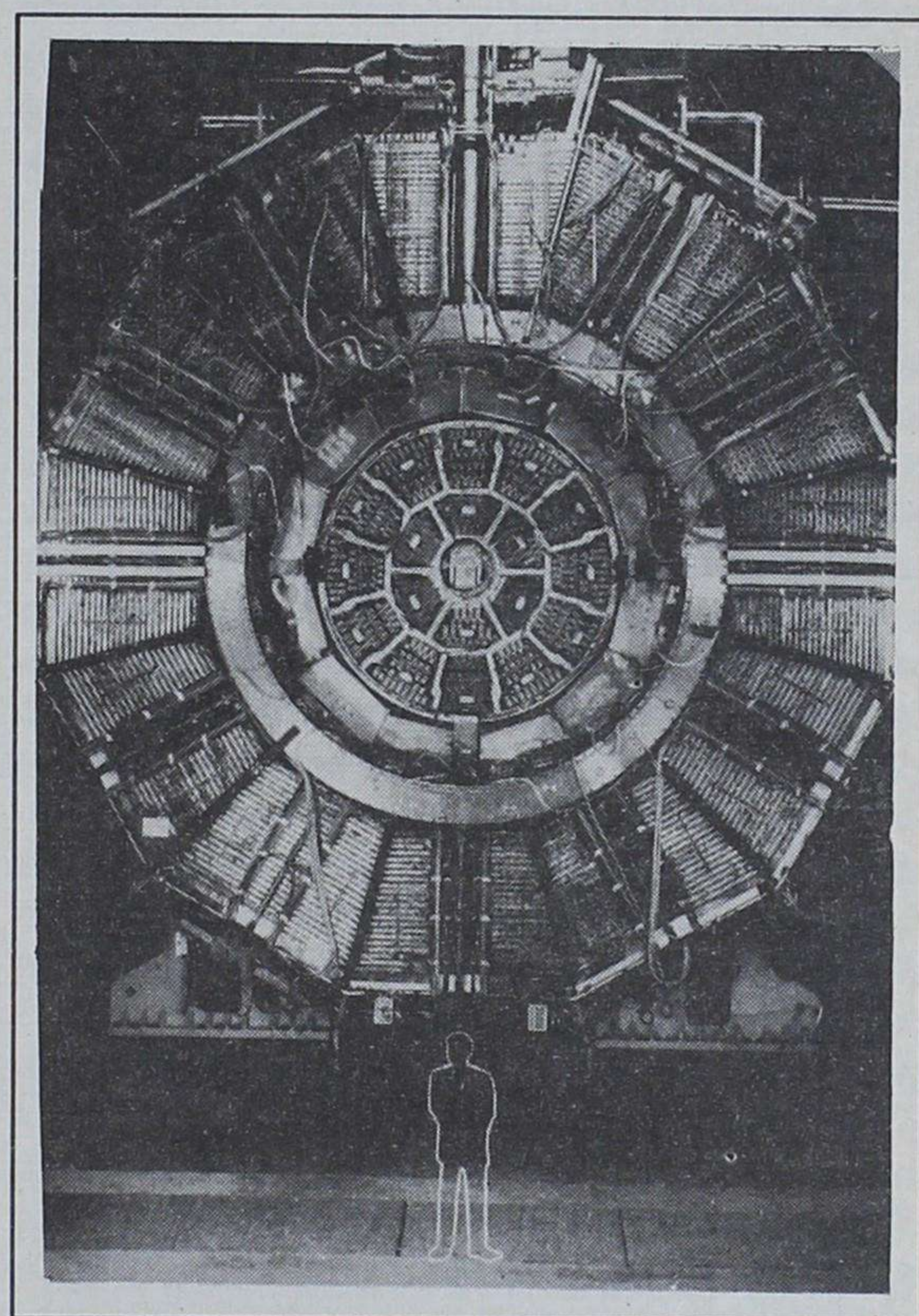
Michael J. Moravcsik

Introducción

El objetivo de este análisis es mostrar que el llamado método científico, es decir, la metodología de la que se sirven los científicos para profundizar en la ciencia, sufre deterioro hasta que pierde claridad y se vuelve ambiguo conforme su centro de interés se mueve hacia la frontera de lo perceptible. De esta manera, la investigación científica puede interrumpirse o, en términos asintóticos, desvanecerse por razones externas, de las que nos hemos ocupado en otra ocasión^{1,2}, pero también porque la metodología que se utiliza en la investigación científica fracasa.

El método científico *normal*

Para empezar, podría ser útil esbozar las principales características del llamado método científico como lo emplean los investigadores. Me detendré particularmente en aquellos aspectos pertinentes para el presente artículo.



Estructura del detector ALEPH utilizado en el Laboratorio Europeo de Estudios Nucleares (CERN), Ginebra, Suiza.

La ciencia está constituida por la interacción que establecen la actividad experimental y la teoría. Hablemos de la primera. En un experimento aislamos un fenómeno con tal suficiencia que la interferencia de otros sucesos pueden despreciarse, o bien son tan pequeños que pueden corregirse. Queremos ser capaces de conjuntar una serie exa-

El Dr. Michael J. Moravcsik murió en abril de 1989. Fue profesor del Instituto de Ciencia Teórica de la Universidad de Oregón, EUA. Sus campos de interés fueron variados: teoría de partículas elementales, cienciometría, apoyo a la ciencia en países en desarrollo. El presente artículo fue publicado en *Res. Policy* 17, 193 (1988) y *Current Contents* 30, No. 2 (1990). Traducción de Carlos Chimal.

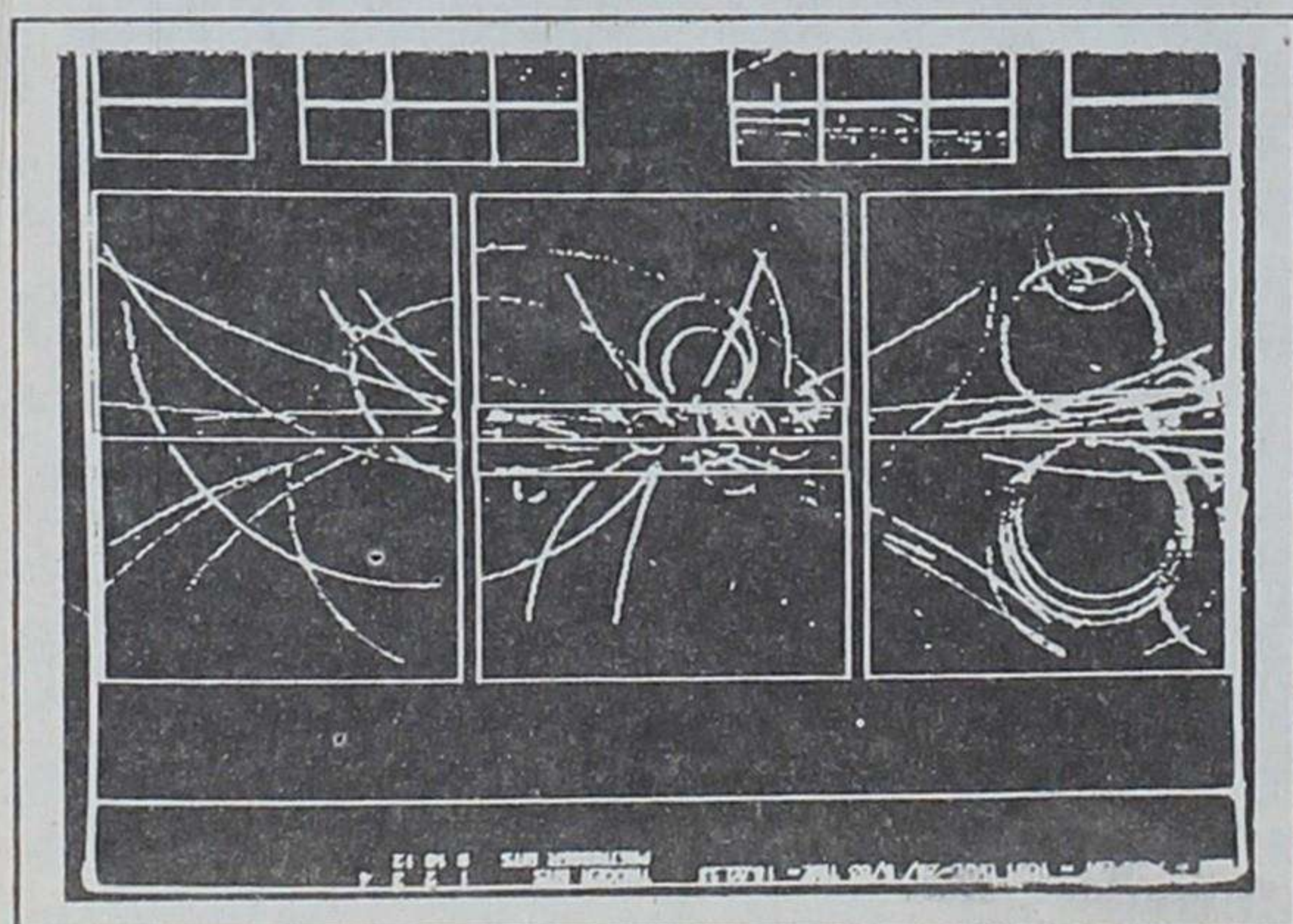
hustiva de mediciones que consideren el fenómeno a través del dominio absoluto de todos los parámetros que nos parecen oportunos. Todo ello debe llevarse a cabo con la razonable rapidez que conocemos los humanos, es decir, días, semanas o meses. También pretendemos que el costo de tales experimentos no representen un serio límite al conjunto de la información experimental que deseamos acumular. Finalmente, esperamos que las pruebas que obtengamos por este camino sean lo suficientemente directas para que la interpretación de los signos obtenidos durante el proceso experimental sean, en un nivel sólo fenomenológico, contundentes. Así puede establecerse una relación uno-a-uno entre la ocurrencia de los fenómenos a estudiar y los aspectos cualitativos y cuantitativos que aparecen en los diversos aparatos de medición.

Regresando ahora a la teoría, estamos pensando en una función de dos dimensiones separadas: el aspecto conceptual y la capacidad de predicción. Esperamos que una teoría llegue a ser relativamente accesible cuando un grupo de científicos se dedica al estudio de un cierto conjunto de fenómenos. También esperamos que la teoría o teorías propuestas sean sencillas en términos conceptuales, por lo menos a posteriori, incluso si la idea que anima dicha teoría es extraordinaria, novedosa o revolucionaria. Una vez explicada, parece simple ante los ojos del investigador avezado. Esta nueva teoría empieza con un concepto, algo que es *anschaulich*, algo que crea una imagen cualitativa. A la aparición de esta nueva idea le sigue una etapa cuantitativa mediante su formula-

ción matemática, lo cual le permite expresar predicciones cuantitativas de observaciones previas y de experimentos que habrán de llevarse a cabo más tarde. Este grupo de predicciones, sobre todo en el caso de nuevos experimentos, deben hacerse a priori, antes de que los resultados de estos nuevos experimentos estén totalmente disponibles; deben estar relacionadas con los experimentos que ciertamente puedan efectuarse, o al menos, una buena porción de predicciones deben poder someterse a su inmediata prueba experimental. No sólo eso, la teoría también debe predecir qué tanto espera coincidir con un experimento, esto es, necesita calcular la magnitud de los efectos que fueron omitidos en la teoría, pero que aparecerán durante la fase experimental. Podemos, con razón, esperar que estos efectos extraños sean insignificantes y por tanto las predicciones de la teoría se acerquen a los resultados de las mediciones. Hasta dónde llegarán a coincidir dependerá de la madurez del campo o de la cantidad a ser medida, pero sin duda las posibilidades deben superar, digamos, el 1%.

En esta interacción de teoría y experimentación, esperamos que la confrontación sea a tal grado severa que sólo una teoría concuerde lo suficiente con todos los datos registrados. Así, en términos filosóficos, creemos que una sola teoría es correcta y, al mismo tiempo, desde el punto de vista operativo exigimos que el método científico funcione tan bien que en un momento dado, al confrontar un determinado conjunto de fenómenos, sólo una teoría prevalezca.

Creemos que el método científico que hemos perfilado en los párrafos anteriores nos proporcionará una manera objetiva de resolver las disputas en los campos de la ciencia. De hecho, en el muy debatido cuaternión que establece las características de las ciencias naturales, es decir, objetividad, universalidad, colectividad y acumulación, el primero de estos elementos es posible gracias a la interacción de las fases experimental y teórica. Incluso creemos que las personalidades, la autoridad, el estatus social, la edad, el poder político y otros rubros pueden influir tales discusiones científicas sólo muy temporalmente, si es que llegan a hacerlo. Como resultado, falsas figuras, creencias y reclamos injustificados son pronto, creemos, elimi-



nados del panorama científico. Así, la evaluación de los científicos y su quehacer puede desarrollarse en términos razonablemente objetivos, al menos si se aplica al pasado, incluso a sucesos muy recientes. Sin embargo, los criterios llegan a funcionar bastante bien en el presente, aunque en el meollo de una disputa científica aún sin resolver la situación podría ser lo suficientemente confusa para emitir un juicio objetivo.

Finalmente, este productivo funcionamiento del método científico permite resolver problemas en un área de la ciencia con tal amplitud que generan aplicaciones tecnológicas. Para ello es necesario comprender cabalmente dicha área, ya que las predicciones no sólo se harán para situaciones experimentales artificiales que ocurren durante la investigación científica, sino también para situaciones en la *vida real*, donde se desenvuelven en verdad estas aplicaciones. Por tanto, las novedades tecnológicas representan una manera de comprobar que conocemos a ciencia cierta un campo.

¿Qué contratiempos aparecen en los límites de la perceptibilidad?

Recordemos lo dicho anteriormente sobre el método científico *normal* como un criterio de comparación, ya que ahora explicaré cómo ese método se desmorona, se deterioran todas sus componentes y extraños e importantes factores lo contaminan, factores que podían ser pequeños, insignificantes, temporales y podían mantenerse al margen. Para ello me referiré a ciertas peculiaridades de la *gran ciencia* en los límites de la perceptibilidad, que fueron analizados con gran detalle en otra parte y que no habré de repetir en esta ocasión.

Regresando una vez más al aspecto experimental, la instrumentación de gran escala, masiva, las enormes exigencias en recursos humanos, los elevados costos y elaborada complejidad de tales experimentos hacen sumamente lento el ciclo teoría-experimentación-teoría, periodo que puede ocupar cinco años o más. Esto arruina la cadena compacta que por lo común mantiene unidas la experimentación y la teoría, lo cual restringe las especulaciones de los teóricos y garantiza que los

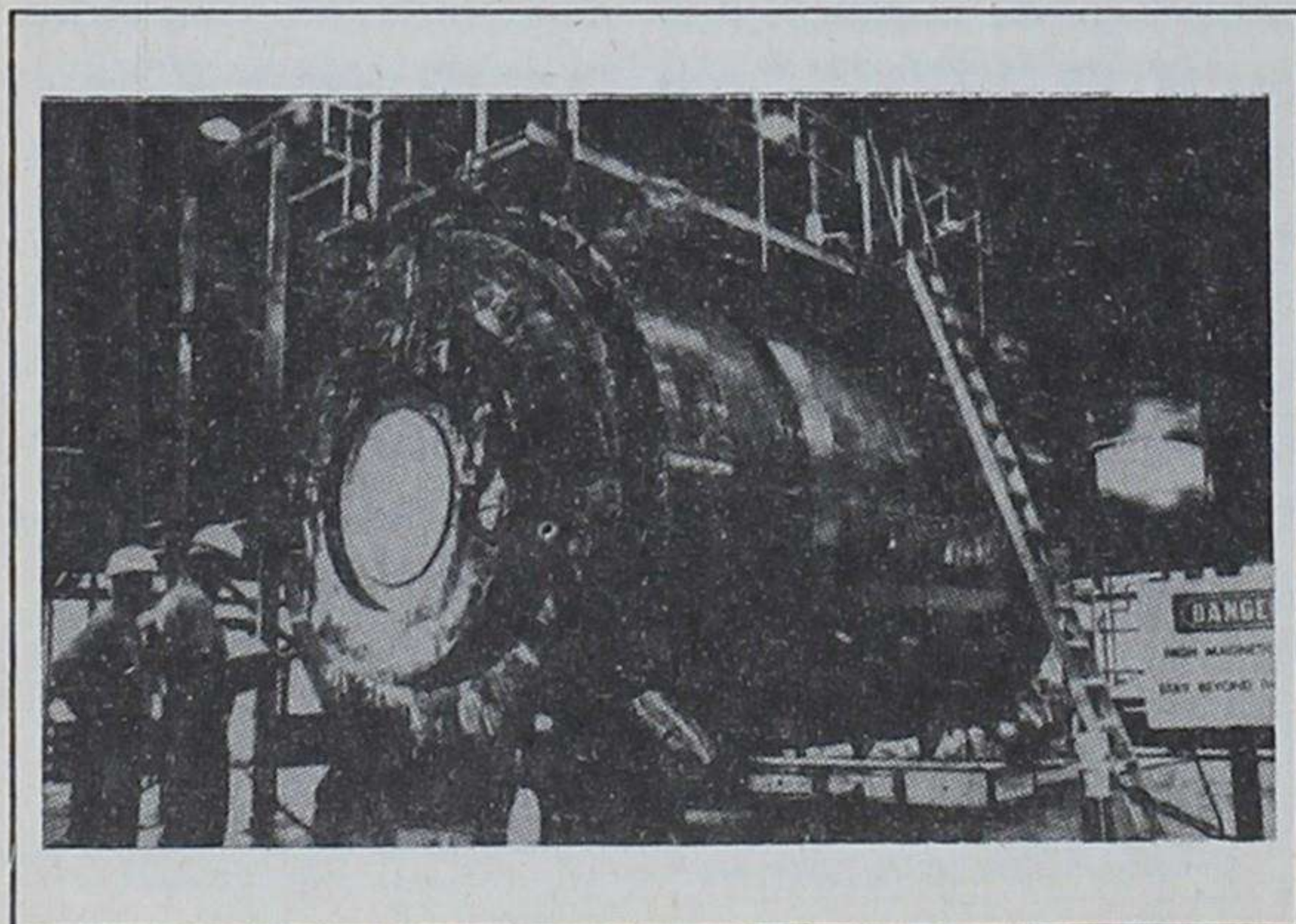
experimentos sean *pertinentes* y directos. Pero no sólo los experimentos son lentos para proporcionar resultados, sino que también en ocasiones son demasiado fragmentados. Los datos estadísticos pueden ser tan pobres que se ocultan en un *trasfondo* vasto; el dominio de las variables pertinentes que es posible abarcar puede ser demasiado estrecho, o el tipo de experimentos que se pueden llevar a cabo puede estar sumamente limitado. Además, con frecuencia involucran grupos numerosos, son caros, llevan tanto tiempo con equipo limitado y los realizan un solo grupo una sola vez, al menos durante una década aproximadamente. De esta manera, el tan discutido requerimiento de reproducibilidad de los datos se ha convertido en un mero criterio académico que no puede aplicarse en la realidad. Peor aún, los resultados de las mediciones proporcionan sólo evidencias extremadamente indirectas de lo que se supone ocurriría en el fenómeno que deseamos estudiar, ya que estos fenómenos son tan remotos que la conversión de signos directos a partir de ocurrencias en algo que finalmente podemos percibir a través de nuestros sentidos humanos es una cadena de procesos sumamente elaborada, que incluye ambigüedades, incertidumbres e influencia de fenómenos indeseables. De hecho, aislar un fenómeno particular que queremos estudiar se convierte en algo casi inasequible.

Para dar un ejemplo, la teoría actual de la llamada interacción fuerte en física de altas energías se aborda en función de quarks. Sin embargo, puesto que los quarks aislados, según la misma teoría, son en principio inobservables, cuando deseamos verificar las predicciones teóricas sobre sus propiedades necesitamos observar los llamados hadrones, que están compuestos de quarks, y en consecuencia cualquier observación de manera automática entremezcla las propiedades elementales de los quarks. Nótese que, en este caso, como un obstáculo adicional, se afirma que la inaccesibilidad de los quarks es en principio una complicación inevitable, es decir, no se trata de una manifestación de lo rudimentario de nuestros actuales aparatos de medición que tal vez pudieran ser mejorados en el futuro.

Hay problemas similares en el frente teórico cuando nos acercamos a los límites de lo percepti-

ble. Antes que nada, puesto que nos enfrentamos a problemas que se hallan muy lejanos de nuestra experiencia cotidiana y de las leyes que gobiernan los fenómenos con los que estamos más familiarizados, formular teorías factibles se vuelve mucho más difícil. Ya he hablado de esto en las referencias 1 y 2. Esto contribuye al deterioro de la actividad teórica, como explicaré enseguida. Aunque no es fácil que aparezcan buenas ideas novedosas, y por tanto raras, toda aquella comunidad que se ocupa de cierto problema teórico necesita dar muestras de actividad, aun cuando no pueda demostrar su productividad, o aun menos, sus progresos.³ Es necesario escribir artículos, celebrar conferencias, e incluso efectuar experimentos en máquinas ya existentes cuyo costo fue altísimo. La situación me recuerda el desastre del *Challenger*, cuando las principales cadenas de televisión cubrieron hora tras hora el suceso, a pesar de que luego del acontecimiento inicial hubo pocas noticias valiosas que agregar durante el resto del día. Pero como no se permite una pausa en la pantalla chica, los locutores y comentaristas exhibían desesperadamente un conjunto inusitado de actividades sin el mayor síntoma de productividad o progreso.

Pero una actividad improductiva se contagia y se vuelve un hábito con el tiempo; y, en cuanto a las áreas de la ciencia que se hallan cercanas a los límites de la perceptibilidad, modifica los modelos establecidos de trabajo científico, comunicación y estándares. En términos electrónicos, aumenta la razón ruido-a-señal.



Un segundo problema en el dominio teórico es que la gente empieza a confundir entre el hecho de que reflexionar en nuevas teorías es difícil y el que, aun cuando al final la teoría deberá ser simple, en el momento en que nos acercamos a los límites de lo perceptible, la teoría, por naturaleza, necesariamente se complicará. Se nos dice que esperar simplicidad en una teoría tiene su causa en un prejuicio adquirido cuando nos enfrentábamos a fenómenos fáciles, no muy alejados de nuestra experiencia cotidiana, y que ahora tenemos que desecharlo. Tal aseveración abre las puertas a una verdadera avalancha de superfluas especulaciones teóricas, ya que los requerimientos de simplicidad (y los criterios afines de atractivo estético) por lo general actúan como un árbitro muy estricto a fin de determinar qué teoría es *aceptable*, incluso desde la primera consideración. Como veremos, el otro árbitro primario proveniente de la consistencia con la información experimental, también está confinado por los límites de lo perceptible. Si estos dos pilares del método científico pierden fuerza, el caos no tarda en aparecer.

Puesto que resulta difícil generar nuevas ideas físicas en situaciones cercanas a estos límites, aunque es necesario mostrar nuestra actividad, es muy común conocer proposiciones teóricas cuyas motivaciones son sobre todo matemáticas. Un constructo que atrae el interés por su belleza matemática se toma en cuenta para describir la naturaleza ya que "esta hermosa idea matemática no puede estar equivocada". Sin embargo, como las bellas teorías matemáticas son abundantes, y de entre ellas cuando mucho una llegará a adquirir importancia en la descripción de un conjunto de fenómenos naturales, empezar con las matemáticas en lugar de una idea conceptual cuando formulamos teorías significa un gran retraso en el progreso de la ciencia.

La teoría también sufre cuando debe confrontarse con los experimentos en los límites de lo perceptible. Los datos se hallan tan fragmentados que son susceptibles de más de una interpretación; así tiene lugar una ambigüedad inherente en el proceso de teorización que no la resuelven en el corto plazo los próximos sucesos experimentales. En parte porque la información aparece a cuenta-gotas, comienzan a aparecer teorías *escurridizas*,

teorías que se ven modificadas cada vez que llega una nueva serie de datos. Si éstos fluyeran intensamente, el ritmo escurridizo daría paso a una exposición clara, con lo cual se evitarían las especulaciones fútiles. No obstante, si llegan a pasar algunos años sin que se pueda disponer de datos adicionales, esta teoría ineficaz, que al menos tiene la capacidad de explicar algunos fragmentos de información, puede con relativa facilidad sobrevivir durante largo tiempo y sólo necesita cambiar de vez en cuando.

Además, lo marginal de la calidad de los datos genera estándares bastante relajados respecto de lo que se considera como "consistencia con la información". A menudo, las coincidencias con el orden de magnitud del valor experimental se toman como un triunfo.

Nuevamente, debido a lo limitado del conjunto de datos, otros dos tipos de exigencias teóricas siguen impunes. Una es la situación en la que cierta teoría, además de explicar las pocas series de datos disponibles, también predice un gran número de fenómenos adicionales. Debido a la dificultad de llevar a la práctica los experimentos, tales predicciones permanecen sin verificarse durante un buen tiempo. Esto permite la aparición de explicaciones ineficaces en las que, a fin de mantener un acuerdo con las pocas observaciones, se construye una estructura lo suficientemente elaborada para crear un número desorbitado de predicciones adicionales. Un ejemplo de ello es el caso de la teoría de altas energías, donde los diversos esquemas de clasificación de las partículas incluyen sus propias predicciones de muchas otras partículas adicionales que nunca han sido observadas. Entonces es necesario mayores suposiciones con objeto de explicar por qué no las hemos podido observar hasta ahora.

La otra situación en la que se genera un proceso de teorización inocua ocurre cuando se requiere que la nueva teoría se apegue a los dominios de parámetros pertinentes que, al menos en ese momento, son inasequibles a los experimentalistas y que, en el mejor de los casos, sólo se aproximan a aquellos dominios en los que ya existen experimentos. Peor aún, a menudo estas teorías se rehúsan a predecir el alcance cuantitativo

de la aproximación que debe existir en este dominio de parámetros ya explorados. Esto hace metodológicamente imposible efectuar pruebas experimentales de esa teoría. Ejemplo de ello fue la llamada teoría dual en física de altas energías, que, según se decía, sólo se cumpliría cuando todos los fenómenos en el universo fueran considerados en forma simultánea, y por consiguiente no podía estimarse a priori una aproximación adecuada de dicha teoría para sistemas realistas que apenas contienen una pequeña parte del universo.

Me referiré ahora a las influencias más externas que afectan al método científico en los límites de lo perceptible, es decir, factores que surgen del comportamiento social de la comunidad científica y el contexto en el que la *gran ciencia* se halla inmersa. Conforme un campo científico se aproxima a los límites de la perceptibilidad y se convierte en *gran ciencia*, la comunidad directamente relacionada crece. Experimentos de gran magnitud exigen grupos de investigadores que pueden llegar a sumar 200 personas. Los laboratorios de frontera en estos campos de la *gran ciencia* emplean a 5 mil o más personas. Los congresos científicos llegan a congregarse más de mil asistentes.

Los patrones de conducta de estas numerosas comunidades y la de los individuos que a ellas pertenecen son muy distintos a los del investigador solitario en su estrecho laboratorio, rodeado únicamente de su instrumental, situación típica de la ciencia hace 100 años. Saber manejar recursos humanos y materiales se ha vuelto una habilidad esencial. Aquellos que muestran talento para convencer destacan y adquieren influencia entre muchos seguidores, sobre todo en los más jóvenes e inexpertos, quienes se encuentran ansiosos de encontrar asesoría y temas de investigación en una era desierta de ideas fértiles. De esa forma aparecen modas que viven una década o más antes de que finalmente sean eclipsadas por los datos experimentales, o, algo más probable, por nuevas modas que estimulan la imaginación de la comunidad.

Dado que la *gran ciencia* en los límites de lo perceptible aumenta su costo económico, la comunidad científica directamente interesada depende cada vez más de fondos públicos y donativos para

realizar sus tareas. Esto induce cierta manera de comportamiento entre aquel sector de la comunidad científica que tiene como objetivo garantizar el suministro de apoyo público para continuar trabajando. Correcto o no, su conducta se basa en una *mentalidad asediada*, que supone que cualquier síntoma de debilidad que se transmita al público dictará el fin del apoyo. Por ello es que una nueva teoría puede aparecer en la primera plana del *New York Times*, aunque su muerte nunca alcanza ni siquiera la página 68. Cualquier crítica de la metodología de la investigación, de los patrones de conducta, de la estrategia que utilizan los científicos es considerada una traición, y trata de restársele importancia. La intolerancia se vuelca sobre quienes no creen en la moda más reciente y defienden diferentes puntos de vista. Hasta ahora, muchas de las características del método científico *normal* examinadas anteriormente se han desbarancado y el panorama que estamos presenciando es más parecido al de un grupo religioso o un partido político.

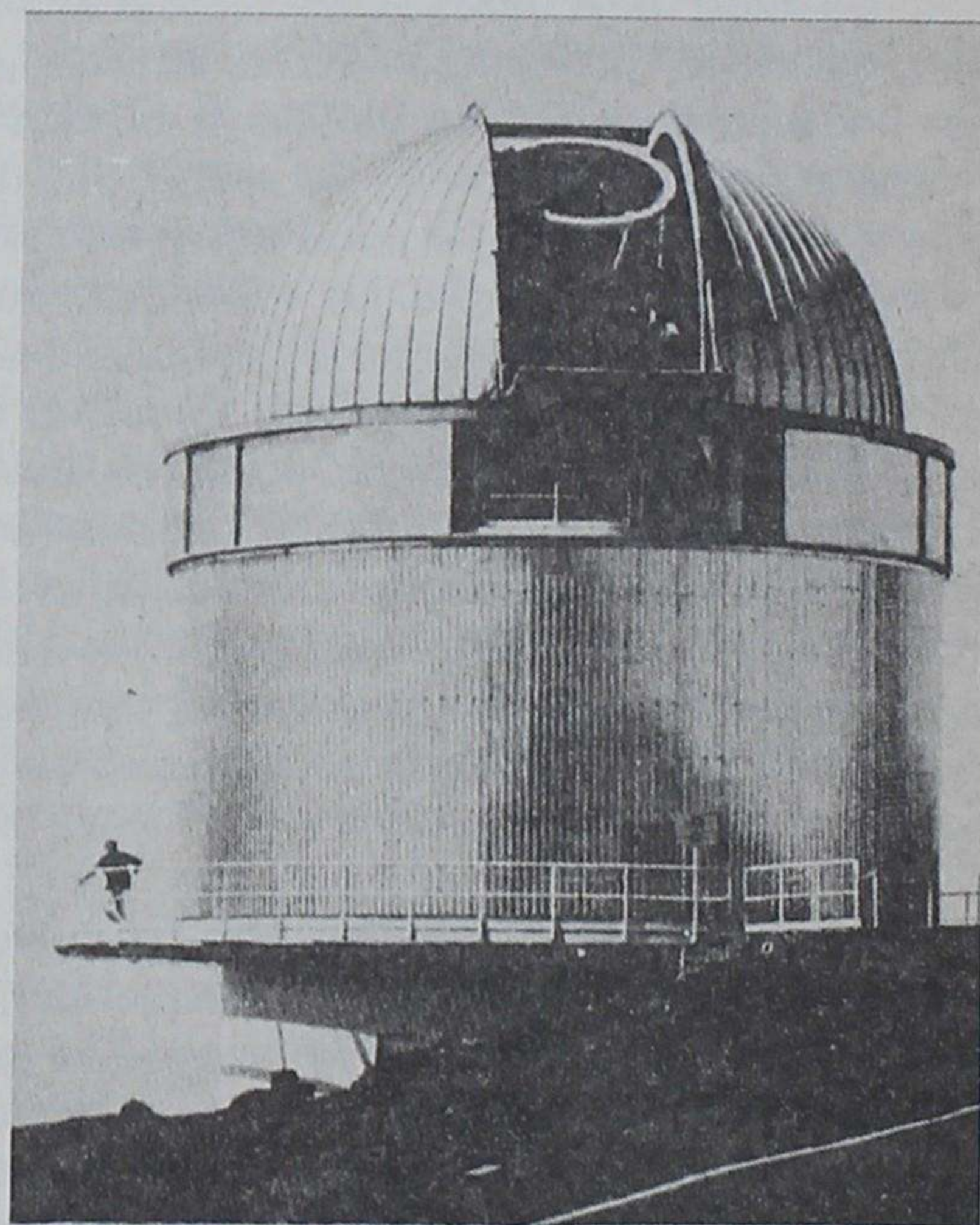
Una vez que los patrones de comportamiento de la comunidad científica han cambiado tan drásticamente también se vuelve caótico el análisis y evaluación de los científicos y su labor. Puesto que dejan de aplicarse los criterios usuales de mérito conceptual y poder de predicción, los elementos personales toman parte en el proceso de análisis y llegan a dominarlo. Esto fortalece el conformismo mencionado antes, ya que los grupos dominantes pueden reforzar sus estándares subjetivos sin ninguna influencia que se les oponga por parte de los elementos objetivos de la ciencia. Así, pueden asignarse erróneamente recursos, mientras que los nombramientos y responsabilidades pueden hacerse sobre otras bases que no son las que antes parecían tener valor; por su parte, las nuevas generaciones de científicos son educados por aquellos que, al observar el ambiente que prevalece en la comunidad científica, aprenden formas de promover sus carreras que de poco servirán al progreso de la ciencia.

Por último, un aspecto de suma importancia. Esta manera de proceder en la *gran ciencia* que se halla en los límites de lo perceptible resulta incapaz de penetrar el tema lo suficiente como para provocar nueva tecnología. Esto suele justificarse dicen-

do que esta área de investigación se encuentra tan alejada de la experiencia humana cotidiana que nunca producirá tecnología aplicable a nuestra realidad diaria. Esta aseveración, que desde luego puede no estar equivocada, contrasta con toda la experiencia pasada que hemos tenido en la ciencia, pues todas las áreas de investigación que en un principio se juzgaban extraordinariamente alejadas de la experiencia cotidiana resultaron tener una influencia muy profunda en la capacidad del hombre de controlar el mundo que lo rodea.

¿Son nuevas estas características?

Es muy probable que quienes se dedican al estudio de la ciencia como una actividad humana harían hincapié aquí que prácticamente todas las deficiencias enumeradas antes como consecuencia del acercamiento de la *gran ciencia* a los límites de lo perceptible existen también en la ciencia *nor-*



mal, y que por lo tanto siempre han estado presentes.⁴⁻⁸ Hay algo de cierto en esta afirmación, pero sólo parcialmente. En particular, dos circunstancias hacen distinto el caso de la ciencia *normal* respecto de la situación que examinamos con anterioridad.

Primera, si bien en la ciencia normal en efecto aparecen estos defectos, son relativamente ligeros y no ahogan o esconden los rasgos peculiares del método científico como se explicó antes. Aun cuando los científicos no son *perfectos*, la manera en que hacemos ciencia es significativamente diferente del resto de las actividades humanas.

Segunda, y quizá de mayor importancia, la entremezcla de elementos ambiguos, incompletos, debilidad humana e incertidumbre aparecen en el desarrollo de la ciencia *normal* sólo de manera temporal, mientras una determinada área de exploración científica se encuentra en la mitad de su evolución, sólo antes de que el campo sea comprendido y sus problemas resueltos. En contraste, en la *gran ciencia* cercana a los límites de lo perceptible estos elementos extraños están presentes, dominan y no desaparecen, ya que las herramientas de la ciencia *normal* que se emplean para depurar la ciencia de tales elementos extraños con el paso del tiempo dejan de estar disponibles cerca de los límites de la perceptibilidad. Por lo tanto, la metodología que puede salvar el método científico se pierde, ya que sería precisamente ésta la que se encuentra en problemas.

Hasta hoy, gran parte de la ciencia no ha alcanzado aún el estatus de *gran ciencia* y no se ha aproximado a los límites de lo perceptible, así que el diagnóstico que mostramos en este artículo no pueden compararse todavía con los ejemplos históricos de infinidad de campos científicos. Sin embargo, existen algunos ejemplos, y dado que la ciencia marcha inevitablemente hacia una mayor y abierta confrontación con los límites de lo perceptible, no pasará mucho tiempo (100 años quizá) antes de que podamos disponer de elementos que prueben cualquier de los patrones futuros tal y como han sido esbozados aquí. Pero, incluso en la actualidad, parte del análisis ofrecido en estas páginas puede llegar a ser una guía útil cuando ingresamos en el ámbito de la *gran ciencia*.

¿Qué podemos hacer?

Suponiendo que el anterior análisis de los defectos del método científico cerca de los límites de lo perceptible sea correcto, inmediatamente cabe preguntarse si podemos hacer algo en esta fatal situación. ¿Existen formas de evitar tales desviaciones que provocan esterilidad en el método científico?

La respuesta no es sencilla. Las características epistemológicas básicas de la *gran ciencia* responsables de semejante distorsión del método científico, o que al menos desempeñan un papel amenazante, son, desde mi punto de vista, inevitables cuando nos aproximamos a los límites de lo perceptible y, como expliqué en las referencias 1 y 2, finalmente nos conducirán a los límites de nuestras pesquisas científicas. No hay nada que podamos hacer para evitar llegar a ese estadio en la ciencia. Pero el proceso de alcanzar tales límites será lento, paulatino, asintótico, y en consecuencia puede haber un largo periodo durante el cual la ciencia luchará incluso a la luz de estas características epistemológicas. Así que la verdadera pregunta gira en torno a saber si podemos dar pasos encaminados a mejorar la productividad de la indagación científica durante ese periodo a fin de prevenir el deterioro del método científico.

Me parece que podemos. Me viene a la mente la analogía del ser gravemente enfermo que dona sangre. Aquellos que regularmente laboran en áreas de la *gran ciencia* cercana a los límites de lo perceptible no pueden confiar en mantener incólume la integridad del método científico, ya que estarán excesivamente influidos por las condiciones que ya se imponen sobre esas áreas. Así, la ayuda debe venir de otros científicos que trabajan en campos que no han sido afectados por los males que hemos descrito antes. En particular, la disciplina afectada debe ser analizada, verificada y evaluada continuamente por algunos científicos que gocen de prestigio por su competencia, integridad y sensatez, y quienes, a pesar de que laboran en campos ajenos al área afectada, estén lo suficientemente enterados de ella para entender, al menos a grandes rasgos, los sucesos que la aquejan. Si, por ejemplo, el campo es la física de altas energías, el control y verificación puede venir de físicos nu-

cleares, o incluso de físicos del estado sólido. Si bien no serán capaces de seguir todos los detalles técnicos, estarían en posibilidades de formular preguntas evaluadoras de tal manera que se reflejen los criterios y estándares del método científico, y serían capaces de aquilatar la calidad y credibilidad de las respuestas.

Ciertamente, esta sugerencia no es del todo original. Hace tiempo que Alvin Weinberg⁹⁻¹¹ expresó la necesidad de tener árbitros externos. Sin embargo, su contexto era un tanto distinto. El pensaba que la presencia de estos árbitros sería valiosa a fin de probar a la ciencia mediante criterios externos que se hallan dentro de un área de investigación particular. El artículo de Weinberg fue escrito en un momento en el que la gran ciencia apenas se estaba formando, y sus problemas no habían surgido aún a la superficie. Por tanto, Weinberg no pudo haber anticipado una situación en la que fuera necesaria la presencia de árbitros externos para proteger los criterios internos de un área de la investigación científica. Sin embargo, hacia 1986, apenas 25 años después, hemos llegado al punto en que es necesario una protección de este tipo.

Puesto que es poco probable que los científicos que trabajan en el campo afectado buscarán un remedio, y dado que es igualmente improbable que personas completamente fuera de la ciencia (es decir, diputados o el público en general) tengan una comprensión cabal de la situación, son los científicos que laboran en otras áreas los que deben iniciar el cambio en la administración de la ciencia, o bien los administradores que manejan los fondos, y quienes por tanto se hallan naturalmente implicados en las actividades de evaluación.

La primera de estas opciones no es tan prometedora en la práctica, aun cuando en principio sería mucho más deseable que la comunidad científica (y de hecho los especialistas en el campo afectado) llevara a cabo esta reforma. El estímulo que tendrían los investigadores de otros campos en hacerlo podría surgir, como sucedió hace algún tiempo en Inglaterra, de la sensación de que ciertas ramas de la gran ciencia consumen excesivas cantidades de recursos, los cuales, por necesidad, tienen que tomarse del apoyo que en circunstan-

cias normales se otorgaría a otras áreas de la ciencia. A pesar de que este forcejeo por los recursos difícilmente puede considerarse un ambiente idóneo para analizar los complejos temas de política científica, tarde o temprano aparecerán, a menos que antes se enfrente el problema de una mejor manera.

Y esta manera, me parece, sería que las agencias que suministran recursos tomaran la iniciativa de practicar evaluaciones y verificaciones externas. Las agencias tienden a seguir el principio de que los científicos deben participar en la evaluación de la ciencia, y en términos generales este principio es válido. Sin embargo, antes que oponerme, sugeriría extender su interpretación a fin de que se incluyera a los científicos no exactamente en el subcampo que ha de ser evaluado. Estoy convencido de que vale la pena probar esta idea, al menos sobre una base experimental. A medida que pasa el tiempo y las circunstancias del quehacer científico se transforman, se necesitan nuevos métodos de política y administración de la ciencia. Lo que aquí hemos propuesto es un ejemplo de un nuevo método.

Referencias

1. Moravcsik, M.J. The Ultimate Scientific Plateau, *Futurist* 19:28-30, 1985.
2. *Idem*. The Ultimate Bottleneck, *Minerva* 27:21-32, 1989.
3. *Id.* Measures of Scientific Growth, *Res. Policy* 2:226-75, 1973.
4. Landau, L. A Note on Collin's Blend of Relativism and Empiricism. *Soc. Stud. Sci.* 12:131-2, 1982.
5. Collins, H.M. Knowledge, Norms and Rules in the Sociology of Science. *Soc. Stud. Sci.* 12:299-309, 1982.
6. Johnston, R. Controlling Technology: An Issue for the Social Studies of Science. *Soc. Stud. Sci.* 14:97-113, 1984.
7. Martin, B.R. e Irvine, J. Basic Research in the East and West: A Comparison of the Scientific Performance of High-Energy Physics Accelerators, *Soc. Stud. Sci.* 15:293-341, 1985.
8. Sutton, J.R. Organizational Autonomy and Professional Norms in Science—A Case Study of the Lawrence Livermore Laboratory, *Soc. Stud. Sci.* 14:197-224, 1984.
9. Weinberg, A.M. , Criteria for Scientific Choice, *Minerva* 1:159-71, 1963.
10. *Idem*. Criteria for Scientific Choice II: The Two Cultures, *Minerva* 3:3-14, 1964.
11. *Id.* *Reflections on Big Science*, Cambridge, MA. MIT Press, 1967, 182 págs.

CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN
UNIDAD MERIDA

EL DEPARTAMENTO DE FISICA APLICADA

INVITA A INSCRIBIRSE A SU PROGRAMA DE

MAESTRIA EN CIENCIAS

(FISICA APLICADA)

REQUISITOS

- 1.- Aprobar cursos propedéuticos o Exámen de admisión.
- 2.- Dos cartas de recomendación.
- 3.- Título profesional o carta de pasante de licenciatura en alguna de las siguientes áreas:
Física, Matemáticas, Química, Mecánica, Eléctrica, Electrónica, Computación y Metalúrgica.
- 4.- Entregar tres fotografías tamaño infantil.
- 5.- Copia del acta de nacimiento.
- 6.- Carta de exposición de motivos para estudiar el posgrado.

BECAS

POSGRADO ACEPTADO EN EL PADRON DE CALIDAD.
Todo candidato admitido será apoyado con una beca.

FECHAS

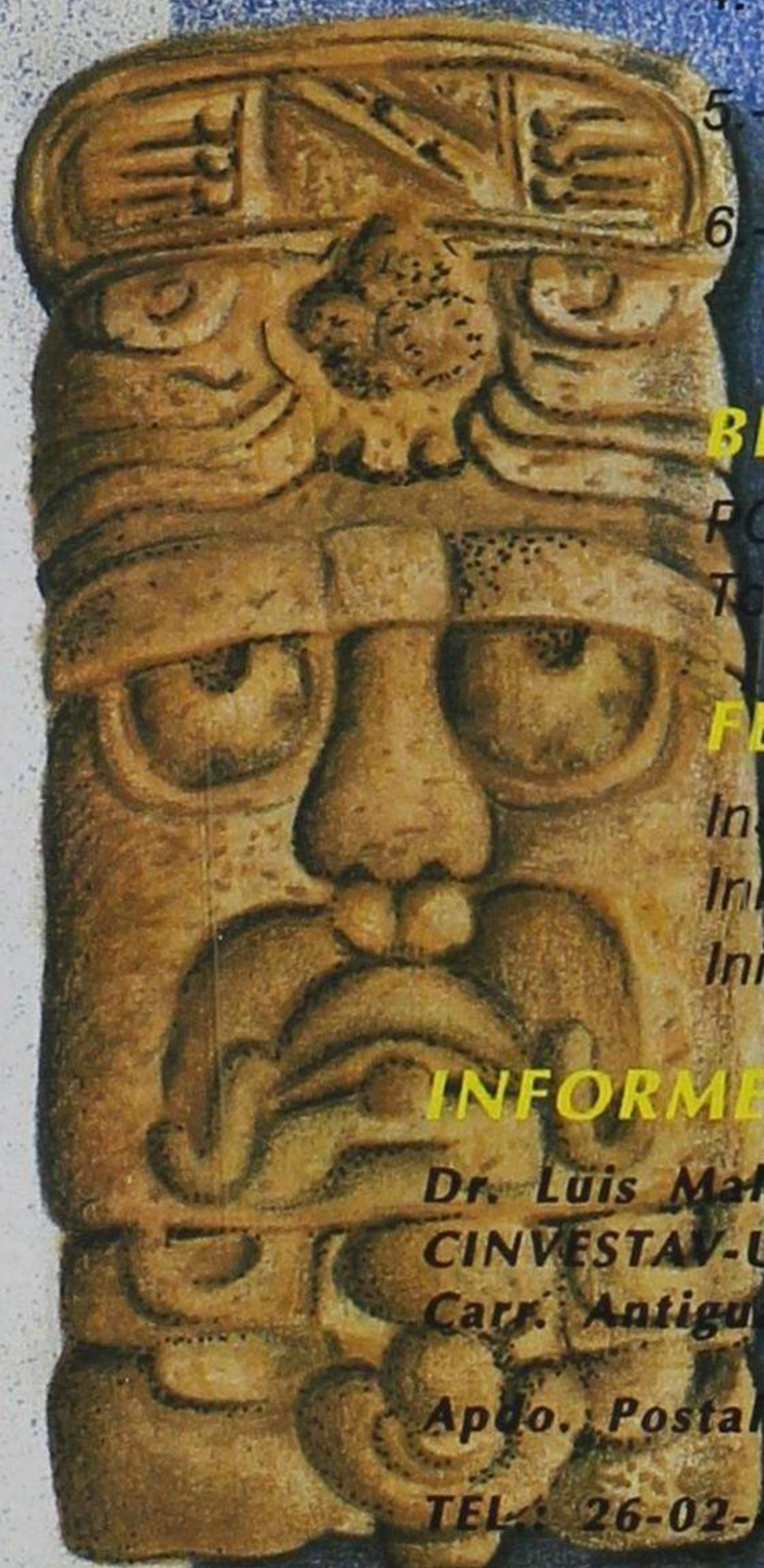
Inscripción a Cursos propedéuticos :
Inicio de Cursos propedéuticos :
Inicio de Cursos del posgrado :

INFORMES

Dr. Luis Maldonado López o M.C. Victor Sosa Villanueva
CINVESTAV-Unidad Mérida, Depto. de Física Aplicada
Carr. Antigua a Progreso Km. 6, C.P. 97310, Mérida, Yucatán

Apdo. Postal 73, C.P. 97310, Cordemex, Yucatán

TEL: 26-02-43 TELEX: 753654 CIEMME FAX: (99) 26-05-45



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

PROGRAMAS DE POSGRADO
MAESTRIA
DOCTORADO
POSDOCTORADO

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

BECAS

Nacionales:

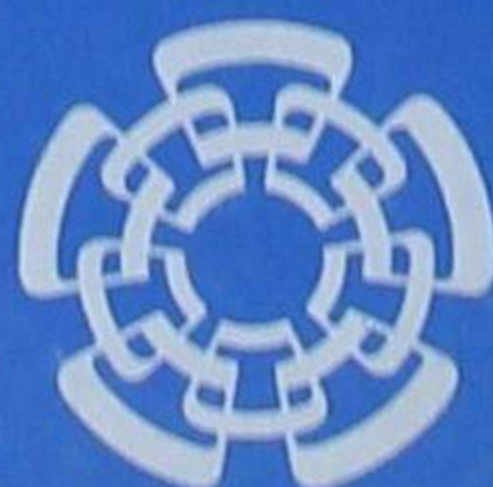
Becas para todos los estudiantes admitidos a la maestría y al doctorado (inclusive a los no titulados).

Latinoamericanos:

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

Próximo examen de admisión:

Maestría: *Junio 8 y 9 de 1992.*
Doctorado: *Inscripciones abiertas todo el año.*
Cursos Propedéuticos: *Junio-Agosto de 1992.*



Informes:

Coordinación de Admisión
Departamento de Física
CINVESTAV-IPN
Apdo. Postal 14-740
07000 México, D.F.
Tels. y Fax: (52-5) 754-6801
(52-5) 754-6589