

X aniversario
Avance y Perspectiva
XXX aniversario
CINVESTAV

AVANCE Y PERSPECTIVA

Vol. 10 Enero-marzo de 1991

México ISSN 0185-1411

Distribución gratuita

Violación de la paridad

Balance
institucional
1982-1990

Entrevista con
Feliciano Sánchez
Sinencio

Perspectivas de las ciencias exactas, la ingeniería
y la tecnología en México

Homenaje al matemático José Adem

Jueves 27 de junio de 1991
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados/IPN
Ave. IPN 2508 esq. Ticomán

Programa científico (Aula Roja)

- 10:15 Inauguración
10:30 *Las Relaciones de Adem en Topología Algebraica*
Prof. Alejandro Adem, University of Wisconsin (Madison)
12:15 *José Adem y el Problema de Inmersión*
Prof. K.Y. Lam, University of British Columbia (Vancouver)

Receso

Homenaje póstumo (Auditorio)

- 16:00 *José Adem como matemático y como persona*
Prof. Samuel Gitler, University of Rochester-CINVESTAV
17:30 Música de Cámara
18:15 *Homenaje luctuoso (con la presencia de la familia Adem)*
Prof. Feliciano Sánchez Sinencio, director del CINVESTAV

Departamento de Matemáticas (CINVESTAV)*
Academia de la Investigación Científica (AIC)
Colegio Nacional/Sociedad Matemática Mexicana
Instituto de Matemáticas (UNAM)

*Informes al teléfono 754-02-00 ext. 4106 y 754-44-66



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados
del IPN
Cinvestav

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Enrique Campesino Romeo
Editor: Miguel Angel Pérez Angón
Editor Asistente: Carlos Chimal

Consejo Editorial

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

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

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación trimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a enero-marzo de 1991, volumen 10, se terminó de imprimir en marzo de 1991. El tiraje consta de 5,000 ejemplares. *Editor responsable*: Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de litud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación*: Multidiseño Gráfico, S. A. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos escritos por miembros de la comunidad del CINVESTAV. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el primer número (enero-marzo) de cada volumen. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

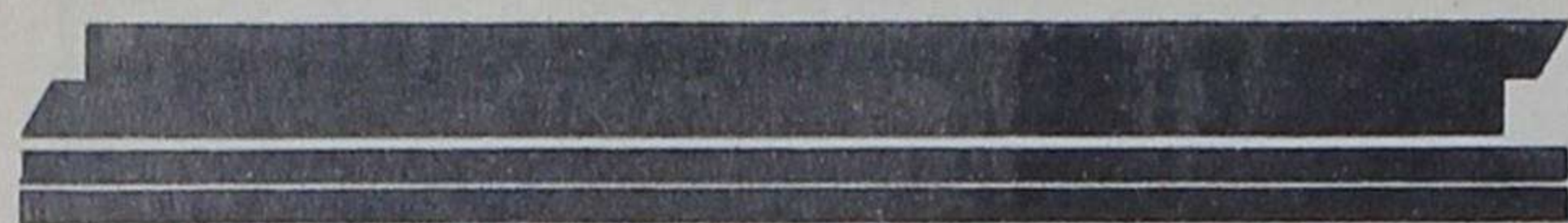
Sumario

Vol. 10, enero-marzo de 1991

Correo	2
Violación de la paridad	
Julián Félix Valdez	3
El descubrimiento de la transformación de la materia en antimateria	
Gerardo Herrera	11
Los sistemas expertos y la inteligencia artificial	
Ana María Martínez Enriquez	17
Perspectivas	
Entrevista con Feliciano Sánchez Sinencio	
	25
Perspectivas de las ciencias exactas en México	
Las perspectivas de las matemáticas	
Luis G. Gorostiza	31
La química de la nueva década en México	
Rosalinda Contreras	41
La física mexicana: retos y perspectivas	
Miguel Angel Pérez Angón	45
Perspectivas de la Ingeniería y la tecnología en México	
Las telecomunicaciones modernas y sus perspectivas en México	
Jorge Suárez Díaz	51
Estado actual y futuro de la industria electrónica	
Rodolfo Antonio Quintero Romo	60
Perspectivas de la biotecnología y la bioingeniería en México	
Fernando Esparza García	69
Noticias del Centro	
	74
Innovaciones Educativas	
La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica	
J. Alarcón, E. Bonilla, L.E. Moreno, B.M. Parra, M. Rigo y G. Waldegg	83
Documentos	
Informe del Director del Cinvestav 1982-1990	
Héctor O. Nava Jaimes	93
Matices	
Sobre docentes, quirurgos, filósofos,...	
Marcelino Cerejido	103

Portada

Concha de mar generada por computadora por C.A. Pickover del Centro de Investigación Watson, Yorktown Heights, EUA, de la IBM. Con ella ganó en 1990 el primer premio del concurso "Belleza de la Física", organizado por el Instituto de Física de Inglaterra. Que los caracoles construyan sus conchas enroscándolas siempre a la derecha o a la izquierda está asociado a la simetría conocida como *paridad*.



correspondencia

Sobre el futuro de las revistas científicas mexicanas

Señor Editor:

Deseo llamar la atención de los lectores, y en particular de quienes pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), o a sistemas análogos, tanto investigadores como miembros de los comités de evaluación, acerca del llamado de auxilio que una revista científica mexicana ha lanzado recientemente en su carta editorial¹.

En los siguientes párrafos, trataré de resumir las principales ideas expuestas, las cuales fueron también presentadas en una ponencia de los editores de esta revista².

1. El comienzo de toda revista científica, nacional o extranjera, es difícil, ya que los autores prefieren publicar sus trabajos en revistas que cuentan con prestigio, ganado por los años y por la calidad de los artículos publicados.

2. Si el SNI tiene como uno de sus objetivos el promover la investigación de calidad en México, sería de esperarse que también apoyara su publicación en revistas mexicanas, antes que en extranjeras, fomentando así el desarrollo de una parte esencial de la infraestructura científica y tecnológica que requiere el país.

3. Se observa, en cambio, que el SNI, las coordinaciones de investigación científica, los con-

sejos técnicos, las comisiones dictaminadoras y sistemas de evaluación equivalentes, califican más bajo las publicaciones que aparecen en revistas mexicanas que las enviadas al extranjero, a pesar de que tengan arbitraje riguroso y sean de la misma calidad.

4. De seguir así las cosas, toda la producción científica mexicana será publicada en el extranjero y las revistas nacionales, que por siempre han padecido tribulaciones económicas, verán aumentadas sus dificultades por el hecho de no contar con material original de calidad para publicar, lo que seguramente les reducirá el prestigio que pudieran tener, haciéndolas cada vez menos atractivas a los autores, y llevándolas quizás a desaparecer.

Me parece una llamada muy alarmante, que debe ser atendida por todos. Ojalá que cada uno en la medida de sus posibilidades, tomemos acciones a fin de remediar esta situación.

Atentamente,

M.C. Rodolfo Trejo Vázquez
Instituto Tecnológico de Celaya, Gto.

Notas

¹Carta Editorial. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 5, 3-4, 1989.

²Villalobos-Pietrini R. y Gómez-Arroyo S. (1989) "La revista Contaminación Ambiental en la formación de profesionistas ante los problemas del medio". *Memorias del 2o Encuentro Nacional Sobre la Formación de Profesionistas ante la Problemática Ambiental*. SEDUE-ANUIES-FES, Tonalico, Edo. de México.

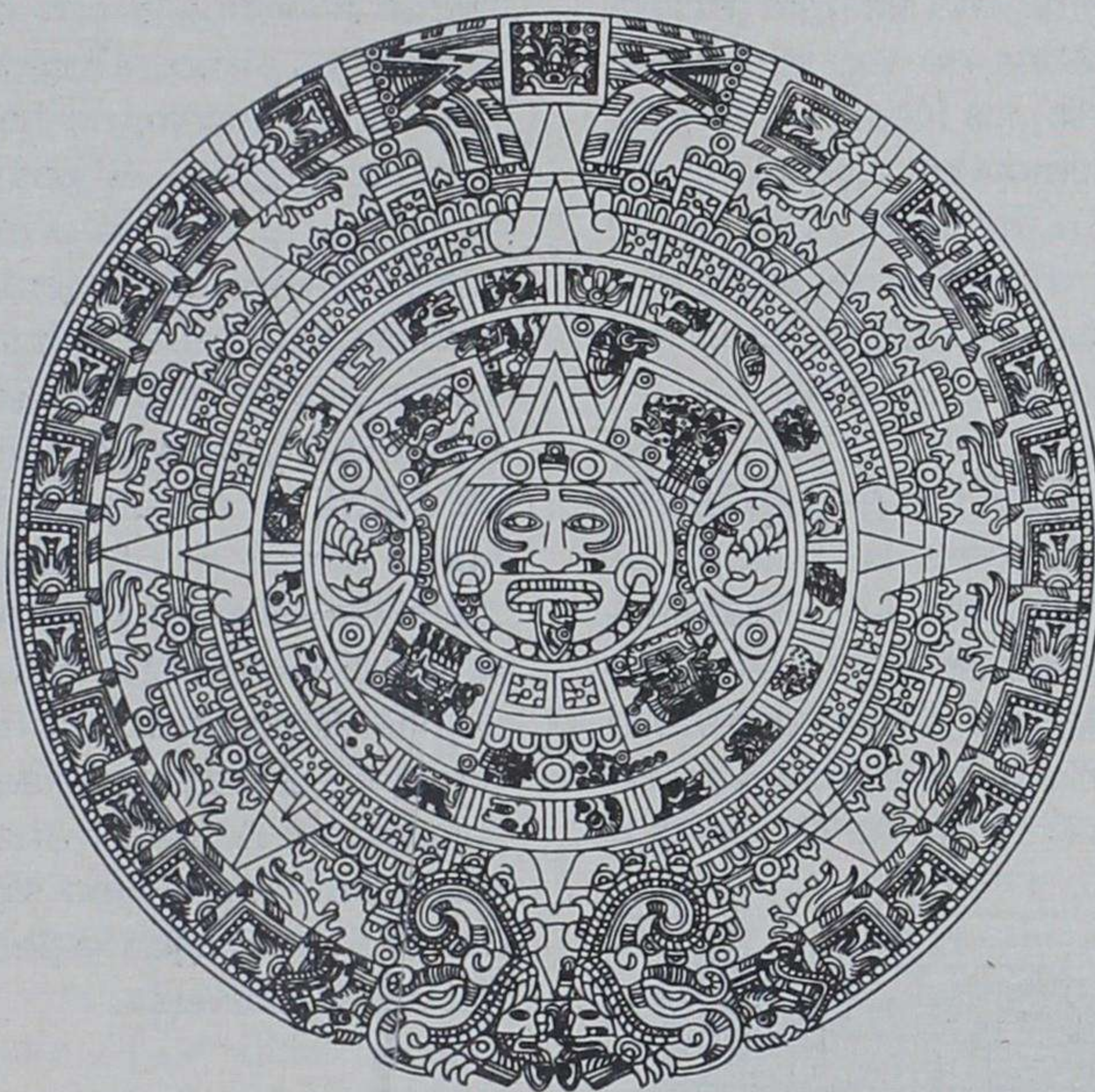
Fe de erratas

En el artículo de la Dra. Rosalinda Contreras, "El boro y el tratamiento del Cáncer", *Avance y Perspectiva* 9, 219 (1990), el párrafo de entrada (balazo) apareció truncado. El texto completo debe ser:

Las posibilidades de desarrollo y aplicación en la interfase de las químicas orgánica e inorgánica son muy amplias. El uso del boro en el tratamiento del cáncer constituye un ejemplo del mar de aplicaciones que tiene este campo del conocimiento.

Violación de la paridad

La simetría entre la izquierda y la derecha en el mundo macroscópico es evidente. No obstante, esta simetría, que se conoce con el nombre de paridad, no se respeta en los decaimientos de las partículas elementales.



"El calendario azteca exhibe un patrón de simetría que, sin ser perfecto, aumenta la belleza y el poderío del orden cósmico que esta escultura representa", T.D. Lee.

Julián Félix Valdez

Simetría en la Naturaleza

El Universo es bello porque es simétrico. El exquisito equilibrio entre sus partes nos induce a percibir el Universo como bello. No sólo hay equilibrio en la forma y disposición de sus partes, también existe equilibrio entre sus colores, aromas, sabores y sonidos. A través de la ciencia y el arte, y desde su

aparición sobre la Tierra, el hombre ha estudiado y aplicado estos delicados equilibrios en un afán por comprender la Naturaleza y hacer su existencia más placentera. El propósito del presente artículo es reflexionar sobre el concepto de simetría, su origen y aplicación en distintas disciplinas, el concepto de paridad, la ley de la conservación de la paridad y, finalmente, sobre el descubrimiento de la violación de esta ley en la década de los cincuenta.

El M. en C. Julián Félix Valdez es físico de la ESFM-IPN y maestro en ciencias (Física) del Cinvestav. Actualmente es estudiante de doctorado en el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, apartado postal E-143, 37000 León, Gto. El presente artículo recibió en 1990 el segundo lugar en el concurso de ensayos sobre Premios Nobel de la Sociedad Mexicana de Física.

Desde edad muy temprana aprendemos a usar conceptos que guardan simetría entre sí y sugieren ideas de equilibrio, aceptándolos con naturalidad a lo largo de nuestra vida. Aprendemos, por ejemplo, el significado de los conceptos de arriba-abajo, duro-

blando, derecha-izquierda. Todos tenemos una idea intuitiva del concepto de simetría: un objeto puede ser simétrico con respecto a una línea o a un plano si el lado derecho y el lado izquierdo son iguales o están equilibrados con respecto a la línea o al plano que los separa. Simetría es entonces la belleza que resulta de esa igualdad o equilibrio.

En la vida diaria y en todos los ambientes, naturales o artificiales, la simetría está siempre presente. La mayoría de los objetos de uso diario son simétricos: los vasos, la mesa, los focos, las carreteras, los aeroplanos, los automóviles; en general, los artefactos contruidos por el hombre, aunque podrían tener forma, irregular o caprichosa, se les prefiere simétricos para facilitar su construcción y por la estética que se desprende de su simetría.

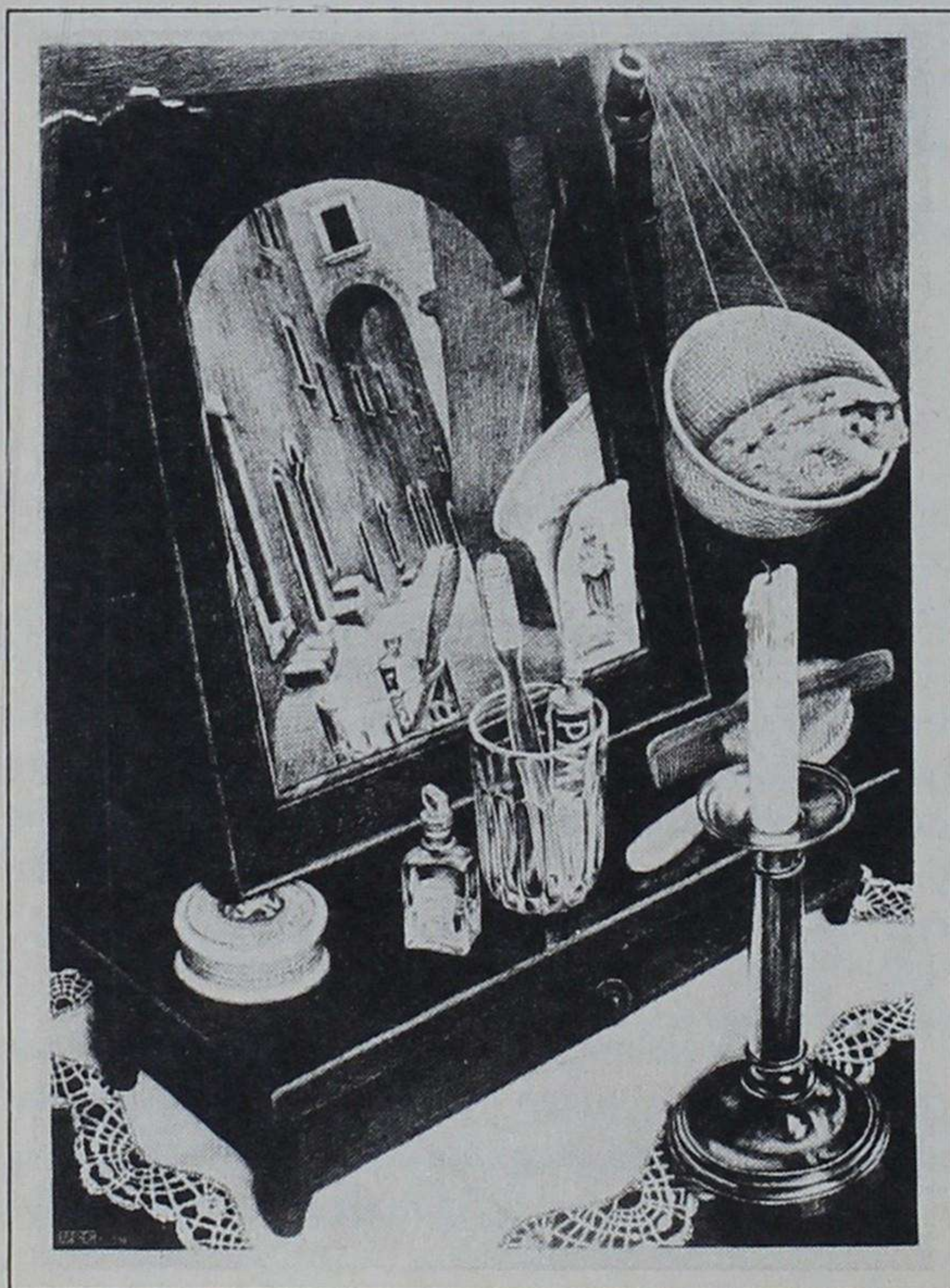
Nuestras creencias también son generadas por el concepto de simetría. En todas las culturas se asocia el lado izquierdo con lo malo —lo siniestro— y el lado derecho con lo bueno; la oscuridad con lo negativo y la luz con lo positivo. Durante la Edad Media se asoció a los números propiedades mágicas y curativas, especialmente a ciertos arreglos

cuadrangulares, con simetría numérica, conocidos con el nombre de cuadros mágicos. En el folklore mexicano existe la creencia de que en noches de tormenta eléctrica los espejos deben cubrirse con una tela oscura con la finalidad de eliminar los rayos imágenes formados en los espejos, porque se cree que también pueden causar daño.

La idea geométrica de simetría está estrechamente relacionada con las imágenes formadas en los espejos planos. Observando nuestro rostro reflejado en un espejo, no notaremos diferencia alguna si nuestro rostro es completamente simétrico; sin embargo, la imagen y el rostro no son completamente iguales, la izquierda y la derecha están intercambiadas en nuestra imagen. Esta peculiaridad de los espejos ha dado origen a una variedad de especulaciones y relatos interesantes; el famoso cuento de *Alicia en el país de las maravillas*, escrito por Lewis Carrol, es un caso. Si hacemos que nuestra mano derecha aparezca reflejada en el espejo, aparecerá como nuestra mano izquierda. Más aún, podemos superponer la mano y su imagen sin ninguna dificultad, exactamente como podemos superponer nuestra mano derecha a nuestra mano izquierda. Esto último significa que nuestra mano derecha es imagen especular de nuestra mano izquierda y viceversa.

El cuerpo humano, en su apariencia externa, es completamente simétrico. Para cada músculo y cada hueso en el lado izquierdo, existen imágenes especulares en el lado derecho. Lo anterior es completamente cierto en la mujer, pero en el hombre existe el detalle del testículo izquierdo, en general más pequeño que el derecho. En la parte interna del cuerpo humano las partes ya no están dispuestas tan simétricamente como en la externa; los hemisferios cerebrales y los pulmones están colocados simétricamente, pero el corazón y otros órganos internos rompen la simetría.

Aunque existen algunas rarezas animales dignas de estudio y objeto de curiosidad, el cuerpo de los animales es también simétrico en su apariencia externa. En la anatomía de las plantas también existen elementos de simetría. Todos los tipos de hojas conocidos son simétricos. Las flores, los frutos, las semillas, los elementos femeninos y los elementos masculinos, todos ellos poseen alguna forma de simetría. La asimetría puede aparecer en



Grabado de M.C. Escher (1898-1972)

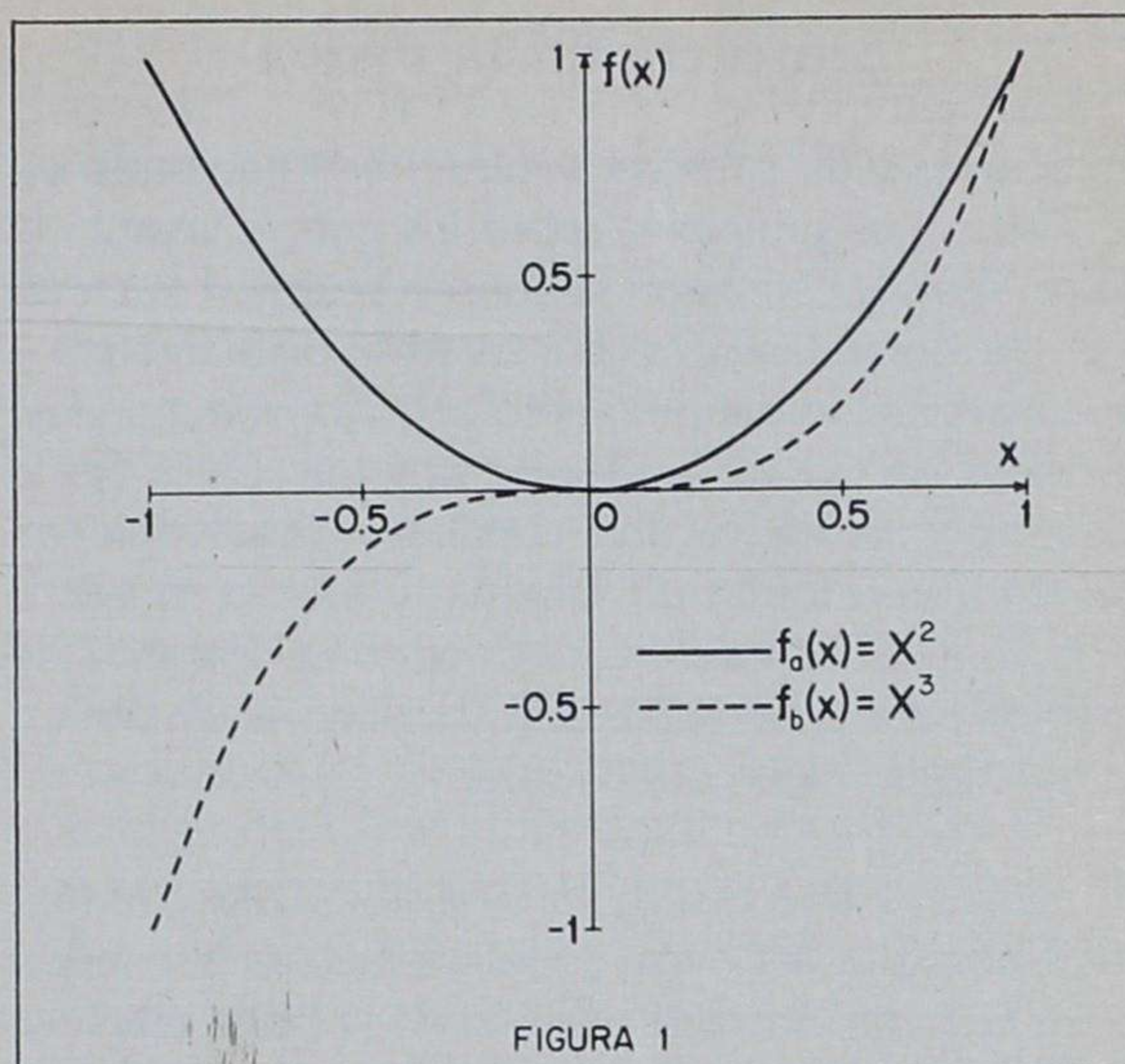
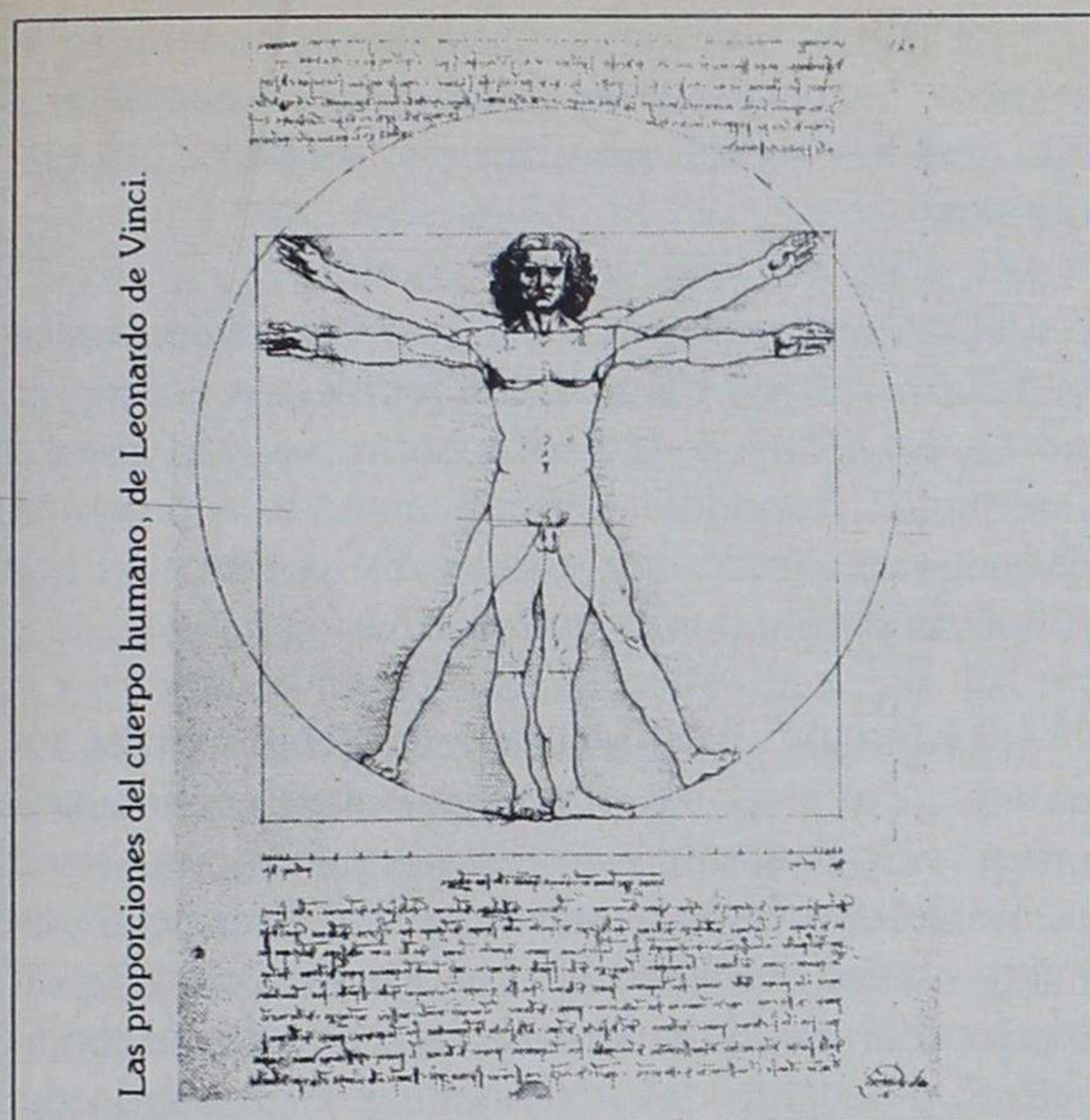


Figura 1. (a) Una función con paridad par. (b) Función con paridad impar.

el desarrollo de las plantas o de los animales. Ciertas plantas del tipo de las enredaderas o trepaderas crecen enroscando sus guías en cierta dirección, digamos, en contra del movimiento de las manecillas del reloj si se les ve desde arriba. Los caracoles construyen sus conchas enroscándolas a la derecha o a la izquierda. Todos los miembros de una misma especie lo harán invariablemente en la misma dirección, es cuestión de herencia genética. Un caso patético de asimetría lo es el pulpo con su horrible —asimétrico— ojo en medio de su frente.

La naturaleza inanimada también sigue ciertos patrones de simetría. Una gota de agua adquiere la forma de una esfera al caer; los planetas, los satélites naturales, los soles, todos tienen esta forma altamente simétrica. La simetría se observa en todas las escalas, desde las gigantescas galaxias hasta los microscópicos cristales disueltos en el agua o que flotan en el aire. También a nivel molecular existe la tendencia hacia las disposiciones simétricas. El ácido desoxirribonucleico, ADN, portador del código genético, está constituido por arreglos moleculares perfectamente simétricos, esto es, cadenas moleculares mutuamente enredadas, unas con vueltas a la izquierda y otras a la derecha.

Simetría y Matemáticas

El hombre, para entender la Naturaleza, ha inventado el lenguaje apropiado para describirla: las Ma-

temáticas. El concepto de simetría está definido de manera adecuada en las Matemáticas. Decimos que un objeto es simétrico si no cambia de forma, queda invariante, ante una transformación matemática (reflexión, rotación, traslación, etc.). En la geometría euclidea el cuerpo geométrico con más simetría es la esfera. Le siguen los cinco poliedros regulares. En la geometría plana la figura análoga a la esfera es el círculo y los análogos a los poliedros regulares son los polígonos regulares; sin embargo, a diferencia de los poliedros, el número de polígonos es infinito. En un triángulo isósceles podemos distinguir el lado derecho del lado izquierdo, sabemos que uno es la imagen especular del otro.

La operación matemática que genera la imagen especular de un objeto se denomina paridad o reflexión de coordenadas con respecto a un plano o un eje. La figura 1(a) muestra una curva que es simétrica (queda invariante) ante una reflexión de la coordenada x con respecto al eje vertical. En cambio, la curva de la figura 1(b) cambia de signo ante la misma reflexión. En el primer caso se dice que la curva tiene paridad par y en el segundo impar. La primera curva está descrita por la ecuación $f(x) = x^2$ y la segunda por $f(x) = x^3$. La función cuadrática x^2 queda invariante ante la transformación de paridad $x \rightarrow -x$, mientras que la cúbica x^3 cambia de signo bajo la misma operación.

Simetría en la Física

El concepto de simetría también es importante en la Física. Los principios sobre los que se levanta la física clásica, como son la conservación de la cantidad de movimiento, la conservación de la energía y la conservación del momento angular, son manifestaciones de ciertas formas de simetría. En la Física siempre que existe una variable inobservable da origen a una forma de simetría, y ésta, a su vez, a una cantidad conservada. Cuando se dispone de medios para observar a esta variable, la simetría a la que daba origen queda rota.

En la Física clásica son indistinguibles, de manera absoluta, es decir, indeterminables por medición, la carga eléctrica positiva de la carga eléctrica negativa, arriba de abajo, el pasado del futuro, la materia de la antimateria, la derecha de la izquierda. Todos creemos saber lo que los conceptos anteriores significan; esta creencia es inducida por el uso cotidiano al que los sometemos. Sin embargo, es imposible dentro de la mecánica clásica diseñar un experimento con el cual podamos determinar que lo que llamamos carga positiva es realmente positiva: si intercambiamos los adjetivos positiva y negativa las leyes de la física seguirán siendo las mismas. Lo mismo sucede con la izquierda y la derecha, no existe una forma de distinguir en forma absoluta una de la otra. Sin embargo, como veremos más adelante, esto es posible si realizamos un experimento que involucre un sistema cuántico y que viole la invariancia ante la transformación de paridad.

Consideremos los siguientes problemas para apreciar cuán difíciles son en verdad los conceptos antes nombrados.

1. Si tiene una sola carga eléctrica y se le permite hacer cualquier cosa, menos tener otra carga eléctrica. ¿Puede decir de qué signo es?

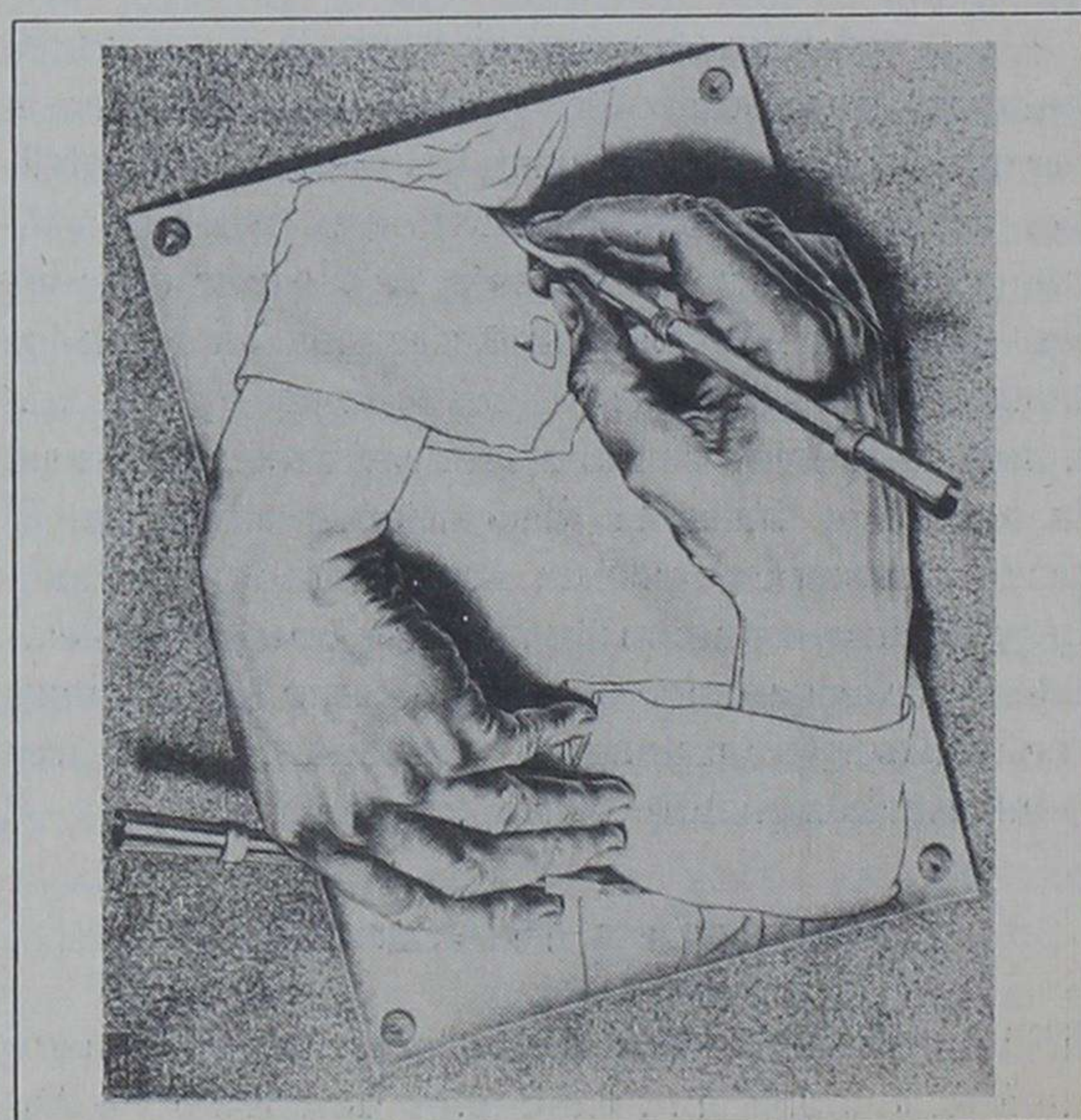
2. Está solo en el espacio, no existe ni un objeto en su alrededor. ¿Puede decir cuál es el sentido hacia arriba y cuál es el sentido hacia abajo? En esta misma situación, observa el paso de un objeto, ¿puede decir en qué dirección está fluyendo el tiempo? ¿Puede decir si el objeto se aleja de usted o usted del objeto?

3. Tiene una sola réplica de una mano, se le permite hacer cualquier cosa, menos compararla con otra mano, ¿puede decir si es derecha o izquierda?

Desde el punto de vista de la electrodinámica y de la mecánica clásicas, los problemas anteriores no tienen solución. Guiados por el sentido común podríamos responder afirmativamente la pregunta 3. Empero, viendo con más detalle la situación nos retractaríamos inmediatamente.

Hagamos el siguiente experimento mental; tomemos un avión pequeño y construyamos una imagen especular de éste. En su apariencia externa no notaremos nada excepto que la hélice del avión imagen evoluciona en el sentido contrario a la dirección del movimiento de la hélice del avión original. Si el asiento del piloto está a la izquierda del avión, en el avión imagen aparecerá a la derecha; la inclinación del volante del avión aparecerá igual en el avión imagen; el giro de la llave para encender los motores, si en el avión es la derecha, en el avión imagen será a la izquierda. Continuando con la comparación podremos cerciorarnos que tenemos un avión y una imagen especular del avión.

Ahora digamos cómo operarían el avión y la imagen del avión. De acuerdo a la mecánica clásica, si el avión original avanza, el avión imagen lo hace en dirección paralela a éste, con la misma ra-



Grabado de M.C. Escher (1898-1972)

pidez y en el mismo sentido. En principio nuestros aviones son perfectamente factibles, no violan ninguna ley física. Volando en línea recta no notaremos ninguna diferencia. Si los vemos alejarse de nosotros y el avión que va a la izquierda vira a la izquierda para empezar un vuelo circular, el avión imagen que vuela a la derecha virará a la derecha para empezar el mismo vuelo en círculos.

Cuando razonamos como en el ejemplo anterior, estamos pensando como los físicos o como la mayoría de ellos lo hacía antes de 1956. En realidad, no existe una razón física fundamental para que el avión imagen se desplace en forma paralela al avión, ni siquiera con la misma rapidez ni en el mismo sentido e igual dirección a la que el avión se desplaza. Las creencias anteriores fueron una extrapolación de nuestras experiencias de izquierda y de derecha o de reflexión especular adquiridas en nuestro mundo macroscópico y clásico. El mundo microscópico posiblemente no se comporte igual; podremos extrapolar y sacar conclusiones, pero tarde o temprano habrá que remitirnos a la confirmación experimental de estas experiencias.

Violación de la paridad en las partículas elementales

En 1924 Laporte introdujo el concepto de paridad en la Física al encontrar que los niveles de energía en los átomos complejos podían clasificarse en estados tipo par y estados tipo impar. Encontró también que en todas las transiciones atómicas con la emisión o absorción de un fotón el sistema iba de estados pares a estados impares o viceversa. Si al fotón emitido o absorbido se le asocia paridad impar —la paridad de una partícula es igual a la paridad de la función de onda que la describe—, podremos formular la ley de la conservación de la paridad en los siguientes términos: "En un sistema físico aislado la paridad del sistema permanece constante". En otras palabras, la paridad del sistema antes de la absorción o emisión es igual a la paridad del sistema después de la absorción o emisión. En 1927 Wigner dio el paso decisivo al plantear y demostrar que la regla empírica de Laporte es una consecuencia de la indistinguibilidad entre la derecha y la izquierda por las interacciones electromagnéticas que intervienen en el átomo du-

rante el proceso de transición. Esta idea fundamental fue rápidamente aceptada en la Física e introducida en todas las clases de interacciones conocidas.

La ley de la conservación de la paridad se cumple muy bien en nuestro mundo clásico, incluso a nivel de la mecánica y la electrodinámica cuánticas. El amplio espectro de aplicabilidad de la ley de la conservación de la paridad hizo que se introdujera en la teoría del decaimiento beta sin ninguna justificación experimental previa. La radiación beta había sido descubierta en los años treinta; consiste en la desintegración de un neutrón en el interior del núcleo atómico en un protón, un electrón y un neutrino ($n \rightarrow p e \nu$). Para 1956 su estudio llevaba más de 25 años y comprendía únicamente el análisis de los espectros de emisión y la forma de la distribución de la radiación beta (e^-). Además, se sabía que la naturaleza de las interacciones por las cuales se efectuaba el decaimiento beta era diferente de las interacciones electromagnéticas. Con toda justicia se les llamó débiles, puesto que son diez mil millones de veces más débiles que las de tipo electromagnético y diez billones de veces más débiles que las de tipo nuclear. Tiempo después se les identificó como las responsables del decaimiento de otras partículas más extrañas, entre las cuales están los piones, muones, etc.

En 1953 Dalitz y Fabri hicieron notar que en un tipo especial de decaimiento inducido por las interacciones débiles —los decaimientos de la partícula θ^0 y τ^+ , en dos piones $\pi^+\pi^-$ y tres piones $\pi^+\pi^+\pi^-$, respectivamente— se podría obtener información sobre los espines y la paridad de los mesones θ^0 y τ^+ .

En una cámara especial para fotografiar los rastros dejados por estas partículas, veríamos quizá en el primer caso la traza dejada por la partícula θ^0 entrando a la cámara por la izquierda, avanzar un poco y en acto seguido romperse en un pión positivo y un pión negativo, cada uno de los cuales dejaría su propia traza en la cámara para luego decaer en partículas de vida más larga como los electrones, los positrones y los neutrinos. En el segundo caso se vería la traza dejada por la partícula τ^+ al entrar a la cámara, avanzar y decaer en dos piones positivos y un pión negativo, los que, a su vez, dejarían su propios rastros para poco después decaer en partículas más estables como en el primer caso.



Revisemos primero la paridad de las partículas θ^0 y τ^+ antes de decaer y la paridad de las partículas producto del decaimiento en cada caso. La paridad de la partícula θ^0 es par y la de la partícula τ^+ es impar. Como la paridad de una partícula es la paridad de la función de onda que la describe, significa que la función de onda que describe a la partícula θ^0 tiene paridad par y la que describe a la τ^+ tiene paridad impar. Por otro lado, sabemos también que la paridad de un pión es impar. De manera muy burda podemos decir, aunque obtenemos el resultado correcto en este caso, que la paridad de un sistema de dos o más partículas se obtiene mediante el producto de las paridades de cada una de las partículas. En el primer caso la paridad del sistema $\pi^+\pi^-$ es par, en el segundo caso la paridad del sistema formado por los tres piones es impar. La ley de la conservación de la paridad se cumple cabalmente. Pero aún había un problema presente; cuando se estudiaban las partículas θ^0 y τ^+ atendiendo a su masa y tiempo de vida se encontraba que eran iguales; cuando se les estudiaba atendiendo a su paridad se concluía que eran opuestas. Esta situación se conoció con el nombre del misterio θ - τ . Marcó el inicio de una serie de investigaciones teóricas y experimentales que culminaron con el descubrimiento de la violación de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles.

Los físicos Tsung Dao Lee, de la Universidad de Columbia, y Cheng Ning Yang, del Instituto de

Estudios Avanzados de Princeton, ambas instituciones de los EUA, analizaron la situación críticamente y establecieron que:

- No habiendo encontrado evidencia experimental en pro de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles, era apremiante hacer pruebas experimentales.
- En las interacciones fuertes, del tipo nuclear y del tipo electromagnético, si bien existían evidencias experimentales para sostener la ley de la conservación de la paridad, estas evidencias no eran conclusivas y debía buscarse más apoyo experimental.

Los resultados experimentales sobre el decaimiento beta obtenidos durante los veinticinco años anteriores tampoco se encontraron conclusivos; de hecho, nunca se había considerado la posibilidad de que se violase la conservación de la paridad en el decaimiento beta. Yang y Lee propusieron las siguientes alternativas:

- Las partículas θ^0 y τ^+ son la misma partícula, violándose la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles.
- Las partículas θ^0 y τ^+ son distintas, pudiéndose distinguir una de la otra mediante su forma particular de decaer.

El precio más barato que podía pagarse era introducir, es decir, aceptar la existencia de una nueva partícula; el más caro era la violación de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles, porque significaba que una ley supuestamente bien establecida, de la cual nadie sospechaba su falsedad, no se cumplía en esta región de las experiencias. La última palabra tenía que pronunciarla el experimento; se tenía, por tanto, que diseñar un experimento que mostrara la indistinguibilidad entre la derecha y la izquierda —ley de la conservación de la paridad— en el decaimiento beta o en otro decaimiento inducido por las interacciones débiles. Tal experimento no se había realizado antes. El experimento debía contemplar dos arreglos que fueran imágenes especulares uno del otro y que además hubiera interacciones débiles involucradas en el proceso principal. Entonces, examinando los resultados —lectura de los

medidores o contadores— de los arreglos experimentales, se podría determinar o no la conservación de la paridad. Si los resultados del contador imagen no resultaban iguales a los resultados obtenidos con el contador original, se tendría una evidencia inequívoca de que la simetría entre la derecha y la izquierda no se cumplía.

Yang y Lee sugirieron que el decaimiento de las partículas θ^0 y τ^+ podría ser el primer candidato a examinar; sin embargo, dado el tiempo de vida media muy corto de estas partículas, se decidió probar con el decaimiento beta del Cobalto 60; este átomo tiene un tiempo de vida media de 5.3 años. En una muestra de regular tamaño podrían observarse una miriada de decaimientos por segundo, teniéndose así una buena estadística para analizar.

El experimento fue realizado por los doctores Wu, Ambler, Hayward, Hoppes y Hudson. El resultado obtenido indicó que existía una gran diferencia entre la lectura de los medidores del experimento y la lectura de los medidores de la imagen especular. La asimetría se atribuyó al decaimiento beta, porque el arreglo experimental en el resto de sus componentes exhibía una gran simetría.

Poco después de haberse publicado los resultados de la violación de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles, otros físicos los confirmaron usando reacciones distintas efectuadas vía interacciones débiles. Los resultados del experimento de la doctora Wu y colaboradores no sólo mostró la violación de la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles, sino que también determinó la violación de la ley de la conjugación de la carga eléctrica en las interacciones débiles, o dicho de otra manera, la simetría entre la materia y la antimateria también era violada. En conclusión, la izquierda se puede distinguir de la derecha y la materia de la antimateria, de manera absoluta, utilizando como calibradores experimentos que involucren a las interacciones débiles. Por este descubrimiento T.D. Lee y C.N. Yang recibieron el Premio Nobel de Física en 1957.

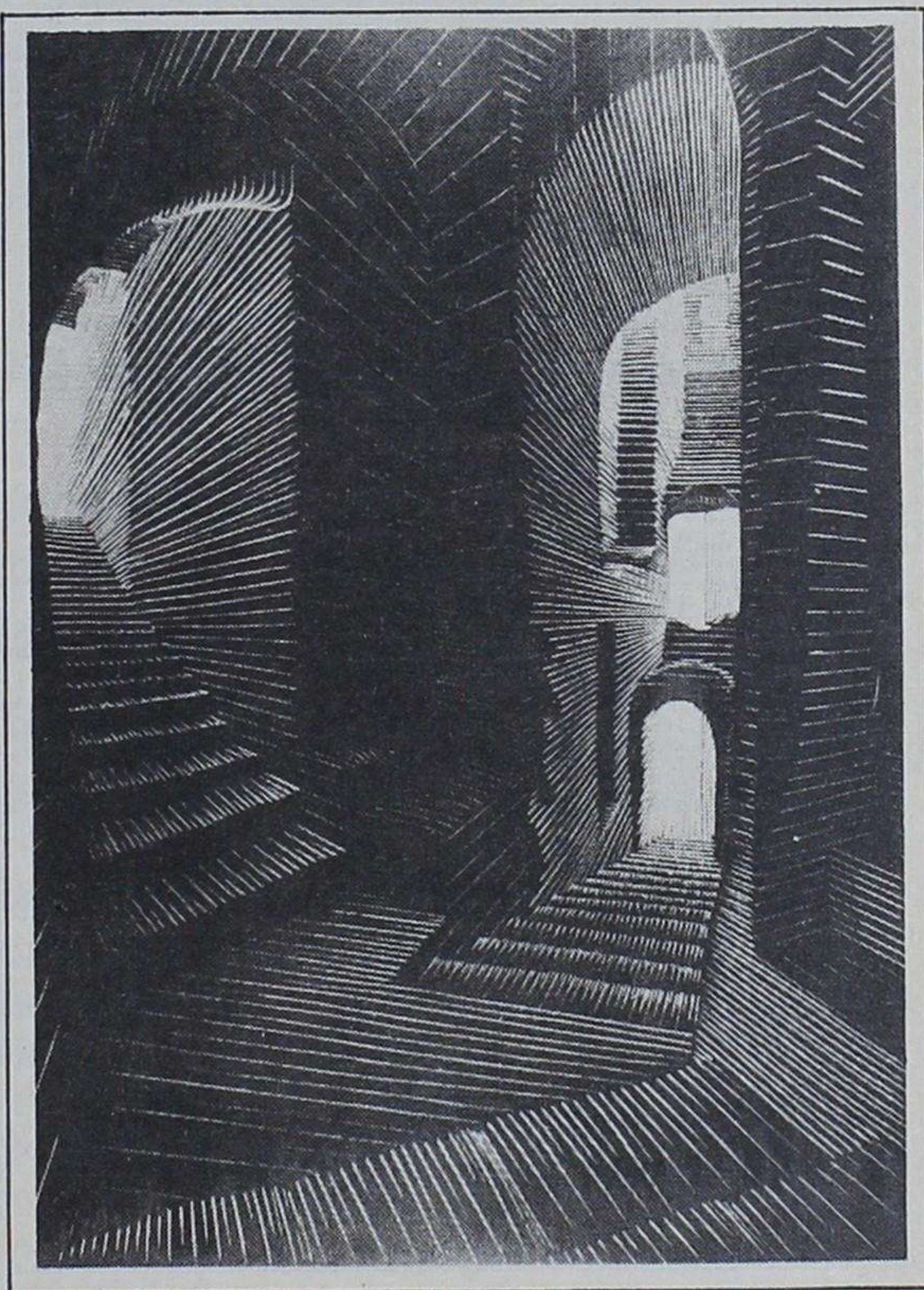
Una de las leyes aparentemente más obvias, hermosas y generales que la Naturaleza posee quedó en desuso. Quedó demostrado que la ley de la conservación de la paridad en las interacciones débiles no se cumple. La Naturaleza está estructurada

de tal manera que sí es posible distinguir la derecha de la izquierda. El asombroso equilibrio entre la derecha y la izquierda que observamos en nuestro mundo diario en sólo una ilusión. El mundo prefiere la derecha o la izquierda y no el equilibrio entre ambas. Se sacrifica la estética por la funcionalidad. La clave de la funcionalidad y capacidad de cambio del mundo posiblemente esté en su asimetría. Un Universo simétrico es un Universo en equilibrio y sin posibilidad de cambio o de evolución.

Bibliografía

- G. Kane, *Modern Elementary Particle Physics*, Addison-Wesley, Redwood City, CA, 1987.
- T.D. Lee, *Symmetry principles in physics*, Monografía, Depto. de Física, Cinvestav, México, 1970.
- I. Stewart, "The elements of symmetry", *New Scientist* **82** (1979) 34.
- T. Ulbricht, "Left and right are not equal", *New Scientist* **67** (1975) 478.
- S. Mason, "The left hand of nature", *New Scientist* **93** (1984) 10.
- R.A. Hegstrom and D.K. Kondepudi, "The handedness of the universe", *Sci. Am.* **262** No. 1 (1990) p. 98.

Grabado de M.C. Escher (1898-1972)



Escuela de Primavera Química-CINVESTAV Mayo de 1991 Tlaxcala, Tlax.

Los interesados en asistir deberán presentar una solicitud con los siguientes datos: Nombre, edad, lugar de nacimiento, dirección, teléfono, escuela, carrera, semestre que cursa y promedio actual.

Deberá anexarse una carta de recomendación expedida por alguno de sus profesores y una breve descripción de los motivos por los cuales desea asistir a esta escuela.

Es requisito también no haber participado en la Escuela de Primavera Química-CINVESTAV 1990.

Las solicitudes deberán ser recibidas en el CINVESTAV, a más tardar el 12 de abril de 1991 y dirigirse al

Dr. Norberto Farfán.
Departamento de Química
CINVESTAV
Ave. IPN 2508 esq. Ticomán
Apdo. Postal 14-740
07000 México, DF
Tels. 754-02-00 y 752-06-77
exts. 4031, 4006, 4022 y 4046

Se ofrecerán 150 becas a los mejores candidatos, que incluyen hospedaje y alimentación.

El Departamento de Química ofrece
estudios de doctorado en
**Química Orgánica
Química Inorgánica
y Fisicoquímica**

Requisito

Ser egresado de una licenciatura del área de la Química.

Duración del posgrado

Cuatro años

Iniciación de cursos
2 de septiembre de 1991

Examen de admisión
Del 15 al 22 de julio de 1991
16:00 hrs.

El descubrimiento de la transformación de la materia en antimateria

En 1987 la colaboración ARGUS descubrió la transformación de mesones B^0 en sus antipartículas $\bar{B}^0$. La inesperada magnitud del fenómeno ha influido en el esquema de la física de partículas elementales que intenta describir los componentes más básicos de la materia y sus interacciones



Diseño chino que ilustra el cartel del simposio sobre colisiones de iones pesados relativistas, celebrado en Beijing en junio de 1989.

Gerardo Herrera

Oscilaciones con mezcla de sabor

Después de que fuera observada en 1957 la violación de la paridad (P) en decaimientos debidos a la interacción débil, se esperaba que por lo menos la simetría CP se conservaría. Esto significa invariancia de las leyes físicas con respecto a una reflexión

espacial (P) simultáneamente con una conjugación de carga (C), esto es, la sustitución de la partícula por su antipartícula. Sin embargo, para sorpresa de todo el mundo la violación de esta simetría fue observada en 1964 en un experimento sobre decaimientos de mesones K^0 (kaones). La violación CP es de importancia fundamental pues conduce a diferentes comportamientos de la materia y la antimateria. Así, por ejemplo, en modelos cosmológicos se le atribuye a esta asimetría el hecho de que nuestro universo esté constituido esencialmente de materia y no de antimateria. A la observación de la violación de CP en el decaimiento de kaones neutros siguió la observación de oscilaciones en siste-

El Dr. Gerardo Herrera es ingeniero físico del ITESM, maestro en ciencias (Física) del Cinvestav, y doctor en física de la Universidad de Dortmund, RFA. Su campo de investigación es la física experimental de altas energías. Actualmente realiza su entrenamiento posdoctoral en el Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), Notkestrasse 85, D-2000 Hamburg 52, RFA.

Tabla 1: Propiedades de las Partículas elementales.

Primera Generación				
	Quarks		Leptones	
Nombre	Up	Down	Electrón	Neutrino e
Símbolo	u	d	e	ν_e
Carga	2/3	-1/3	-1	0
Masa	0.004	0.008	0.0005	~ 0
Segunda Generación				
	Quarks		Leptones	
Nombre	Charm	Strange	Muón	Neutrino μ
Símbolo	c	s	μ	ν_μ
Carga	2/3	-1/3	-1	0
Masa	1.4	0.16	0.11	~ 0
Tercera Generación				
	Quarks		Leptones	
Nombre	Top	Bottom	Tau	Neutrino τ
Símbolo	t	b	τ	ν_τ
Carga	2/3	-1/3	1.93	~ 0
Masa	?	5.95	1.93	~ 0

Nota: La carga eléctrica y las masas están dadas en unidades de la carga y masa del protón.

mas $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$. Esta es la transición de un mesón K^0 en su antipartícula $\bar{K}^0$. En el modelo de quarks, el kaón K^0 está formado por un par de quarks $u\bar{s}$, donde la barra sobre el quark extraño s indica que se debe tomar su antipartícula. El antikaón $\bar{K}^0$ consiste del par $\bar{u}s$. Se dice entonces que K^0 tiene el número cuántico de sabor asociado a s , extrañeza negativa, mientras que $\bar{K}^0$ tiene extrañeza positiva. De esta manera, se dice que tenemos la transformación de la materia en antimateria o bien oscilaciones con mezcla de sabor en la transición $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$. Tanto la mezcla de sabor como la violación de CP son descritas por el modelo estándar, que es la teoría unificada de la interacción electromagnética y débil. La observación de estas oscilaciones constituye una prueba importante de esta teoría, ya que la intensidad de la mezcla de sabor depende sensiblemente de los parámetros del modelo estándar.

De acuerdo con este modelo de la materia, el universo se compone de partículas puntuales con espín $1/2$. Estas partículas son clasificadas en dos grupos: el grupo de *leptones*, con el electrón e^- como el más conocido representante, está sujeto a la interacción electromagnética y débil y sus miembros pueden ser observados como partículas libres; y el grupo de *quarks* sobre los cuales actúa, además de la interacción electromagnética y débil, la interacción fuerte (Tabla 1). Debido a la naturaleza de la interacción fuerte sólo es posible observar a

los quarks en estados ligados y no como partículas libres. Las partículas compuestas por quarks son llamados hadrones (el protón y el neutrón son los estados ligados de quarks más conocidos).

El modelo estándar parte de la existencia de seis quarks con diferente número cuántico de sabor de los cuales sólo cinco han sido detectados. El más reciente en ser observado, el quark b , fue descubierto en 1977 en un experimento en el Fermilab en Chicago, EUA, y en 1978 en el Deutschen Electronen Synchrotron (DESY) en Hamburgo, Alemania. Con la existencia de mesones B conteniendo al quark b se deben esperar oscilaciones análogas a $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ en otros cuatro sistemas de mesones neutros más pesados. El fenómeno de oscilaciones en el sistema $B^0 \bar{B}^0$ es de especial interés y es el que tratamos en el presente artículo.

Oscilaciones en mesones B^0

La observación directa de oscilaciones en el sistema de mesones $B^0 \bar{B}^0$ tuvo éxito a principios de 1987 con el detector ARGUS en DESY. El experimento fue realizado por físicos de DESY, de las Universidades de Dortmund (RFA), Heidelberg (RFA), Lund (Suecia), Ljubljana (Yugoslavia), Kansas (EUA), South Carolina (EUA), del ITEP (Moscú) y del IPP (Canadá).

Los mesones B^0 fueron producidos en el decaimiento de mesones $\Upsilon(4S)$ (compuestos de los quarks b y $\bar{b}$). Este mesón tiene una masa de 10.6 GeV, diez veces más pesado que el protón y con un poco más del doble de la masa de meson B^0 ($\bar{B}^0$); puede ser producido en colisiones de haces de electrones y positrones si la energía de cada haz corresponde a la mitad de masa de Υ . Aproximadamente la mitad de los mesones $\Upsilon(4S)$ decae a través de la interacción fuerte en un par de mesones cargados B^+B^- , la otra mitad en un par $B^0 \bar{B}^0$.

Un mesón B^0 contiene el quark $\bar{b}$, que lleva el sabor cuántico $B = -1$, y un quark d ; por otro lado, un mesón $\bar{B}^0$ se compone de un quark $\bar{d}$ y un quark b , y lleva por lo tanto el sabor cuántico $B = 1$. Los mesones B_s están formados por un quark $\bar{b}$ y un quark s de tal manera que su antipartícula $\bar{B}_s$, se compone de un quark b y un antiquark s ,

$$B^+ = (\bar{b}u), \quad B^0 = (\bar{b}d), \quad B_s = (\bar{b}s),$$

$$B^- = (b\bar{u}), \quad \bar{B}^0 = (b\bar{d}), \quad \bar{B}_s = (b\bar{s}).$$
$$e^+e^- \rightarrow B^0 \bar{B}^0,$$
$$B^0 \rightarrow e^+ + X, \quad B^0 \rightarrow \mu^+ + X,$$
$$\bar{B}^0 \rightarrow e^- + X, \quad \bar{B}^0 \rightarrow \mu^- + X,$$

Los mesones B^0 antes de decaer pueden transformarse en mesones $\bar{B}^0$ y viceversa (oscilación del sistema $B^0 \bar{B}^0$). Esto significa que en decaimientos de $\Upsilon(4S)$ en pares de $B^0 \bar{B}^0$ pueden observarse pares $B^0 B^0$ y pares $\bar{B}^0 \bar{B}^0$ que documenten el fenómeno de oscilaciones. Como ya se mencionó, es posible reconocer los eventos en que aparecen pares de mesones iguales $B^0 B^0$ ($\bar{B}^0 \bar{B}^0$), pues en ellos hace acto de presencia un par de leptones con la misma carga.

Cuando este análisis fue realizado por primera vez¹ en febrero de 1987, la colaboración ARGUS encontró 25 pares de leptones con la misma carga, que representan la aparición de pares $B^0 B^0$ ($\bar{B}^0 \bar{B}^0$) y por lo tanto oscilaciones del sistema $B^0 \leftrightarrow \bar{B}^0$. Al

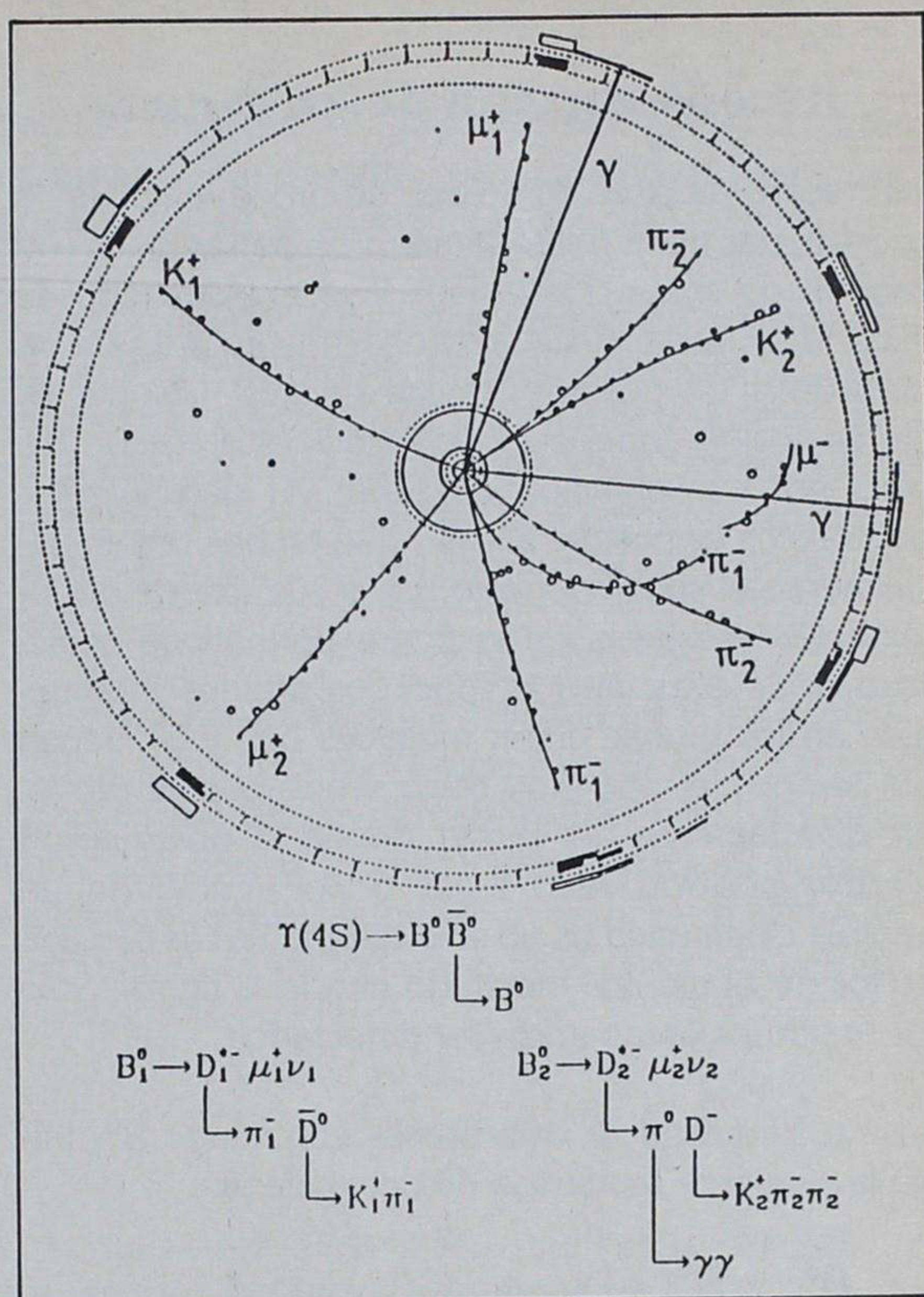


Figura 1: Evento reconstruido visto transversalmente al eje de colisión. Sólo es posible observar los productos finales de la cascada de decaimientos. Los subíndices son usados para distinguir los productos de los dos mesones B^0 . Los pequeños círculos indican el paso de una partícula cargada registrada por los alambres en la cámara de arrastre. Los rectángulos en la periferia indican impactos en los “detectores de centelleo” y el sistema de “tiempo de vuelo”. Las dos líneas rectas corresponden a los fotones provenientes del π^0 .

comparar este número con los 119 pares de leptones de carga contraria, producidos en la desintegración de mesones B^0 y $\bar{B}^0$, se encuentra un parámetro de mezcla para oscilaciones $B^0 \bar{B}^0$ de aproximadamente 20%. Esto es, la probabilidad de que B^0 se transforme en $\bar{B}^0$ está dada por

$$r = \frac{B^0 \rightarrow \bar{B}^0}{B^0 \rightarrow B^0} = 0.21 \pm 0.08.$$

En otras palabras, aproximadamente el 20% de los mesones B^0 ($\bar{B}^0$) decaen como mesones $\bar{B}^0$ (B^0) debido a la mezcla de sabor. Este resultado es sorprendente pues las predicciones teóricas² para este parámetro eran de cerca del 1%. Este resultado fue confirmado en otros dos métodos de análisis experimental.³

Reconstrucción de un evento

La reconstrucción completa de un evento es la prueba más clara del fenómeno de oscilaciones con cambio de sabor. En la Fig. 1 se muestra uno de ellos. Un mesón $\Upsilon(4S)$, creado en la colisión de un electrón y un positrón, decae en dos mesones B . No es posible saber cual de los dos es el mesón B^0 , pero por conservación de sabor en decaimientos hadrónicos es posible afirmar que ambos tenían inicialmente el sabor opuesto. La secuencia de desintegración mostrada en la figura permanece oculta para el detector ARGUS, pues los estados intermedios en los que se crean mesones D^* y D^0 tienen un tiempo de vida muy corto. Todo parece provenir directamente del punto donde la aniquilación electrón-positrón tuvo lugar y por medio de un análisis cinemático es posible determinar la cascada de los decaimientos mostrado en dicha figura. Sólo los neutrinos escapan sin ser detectados.

i) El mesón B^0 que hemos etiquetado B^0_1 inicia la siguiente secuencia de decaimientos

$$B^0_1 \rightarrow D^{*-} \mu^+ \nu,$$

$$D^{*-} \rightarrow D^0 \pi^-,$$

$$D^0 \rightarrow K^+ \pi^-.$$

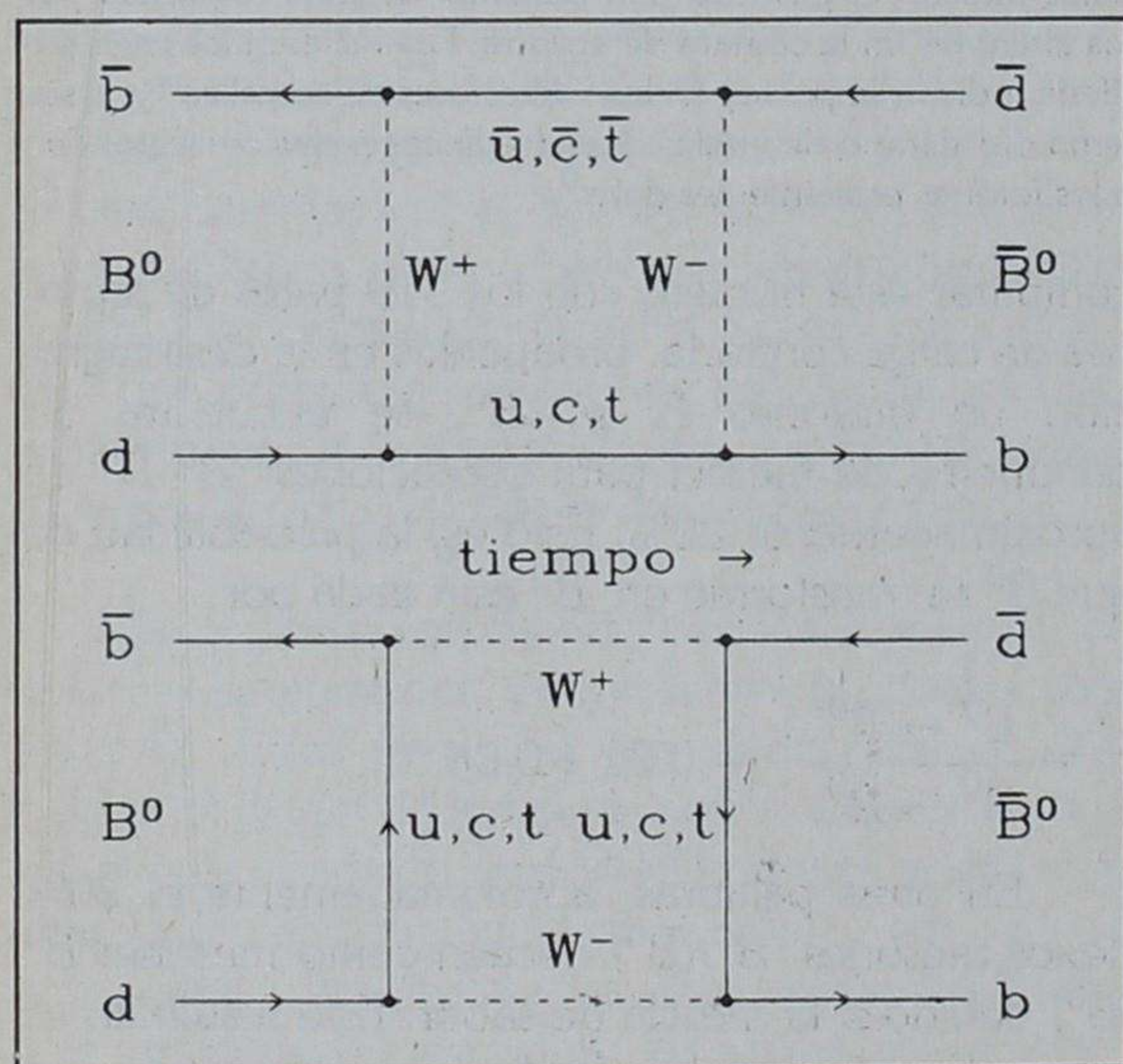


Figura 2. Esquema de la oscilación de mesones B^0 . Un mesón B^0 compuesto de un quark $\bar{b}$ con carga $+1/3$ se transforma en $\bar{B}^0$ por medio del intercambio de dos bosones cargados W . Los quarks u, c y t participan en el estado intermedio. En la figura se muestran los dos procesos posibles $B^0 \leftrightarrow \bar{B}^0$.

El muón positivo nos indica que el mesón B^0_1 decayó como B^0 y no como $\bar{B}^0$.

ii) El otro mesón B_2 creado en la misma reacción decae como sigue,

$$B^0_2 \rightarrow D^{*-} \mu^- \nu,$$

$$D^{*-} \rightarrow D^- \pi^0,$$

$$D^- \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^-, \quad \pi^0 \rightarrow \gamma\gamma.$$

El muón positivo nos dice de nuevo que el mesón B^0_2 decayó como B^0 , pero como la conservación de sabor permite sólo el estado inicial $B^0 \bar{B}^0$, uno de ellos debe haber sufrido la transformación de partícula (materia) en antipartícula (antimateria).

Oscilaciones en el modelo estándar

La magnitud del parámetro de mezcla fue una sorpresa pues se esperaba un valor 10 veces más pequeño y por lo tanto indetectable. Sin embargo, poco después de que el resultado fuera publicado⁴, encontraron argumentos teóricos que hicieron plausible, en el marco del modelo estándar, la razón de transformación de mesones $B^0 \leftrightarrow \bar{B}^0$ observada experimentalmente.

El fenómeno de las oscilaciones $B^0 \bar{B}^0$ en el modelo estándar es descrito por medio del diagrama mostrado en la Fig. 2. Este tipo de diagrama de "caja" jugó un papel importante en la descripción del decaimiento de kaones neutros K^0 en un par de muones años atrás. En aquel entonces los cálculos basados en el diagrama de caja correspondiente condujo a una razón de decaimiento más grande que la observada. Para solucionar el problema Glashow, Iliopoulos y Maiani⁵ postularon la existencia de un nuevo quark —el quark c (charm)— que fue observado experimentalmente en 1974. De manera similar, para describir la razón de transformación de mesones B^0 es necesaria la existencia del quark t (top).

Como se observa en el diagrama de la Fig. 2, el quark $\bar{b}$ se transforma en b y al mismo tiempo el quark d se transforma en antiquark $\bar{d}$ a través del intercambio de bosones W . En la transición los quarks u, c y t , así como sus antiquarks, toman par-

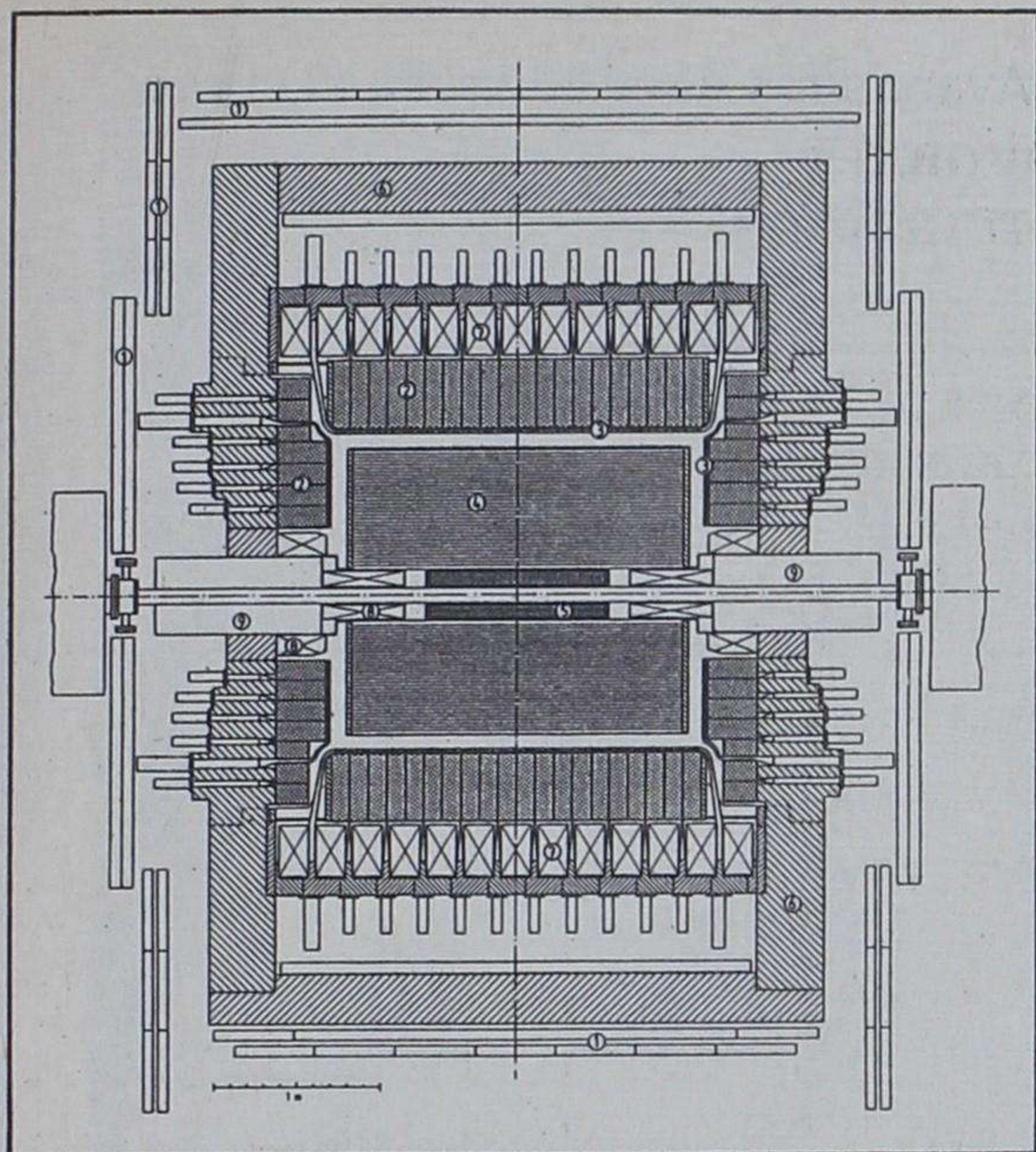


Figura 3. Vista transversal del detector ARGUS. 1: cámara de muones; 2: contadores de chorro; 3: sistema de tiempo de vuelo; 4: cámara de arrastre; 5: cámara de arrastre; 6: cubierta metálica; 7: solenoide; 8: solenoides compensadores; 9: cuadrupolo Minibeta.

te. Dado que el valor del parámetro de mezcla es proporcional a la cuarta potencia de la masa de estos tres quarks, la transición estará dominada por el más pesado de los quarks, el quark t , y obtenemos $r \propto m_t^4$. Por esta razón es posible utilizar el valor del parámetro de mezcla para imponer un límite en la masa de este quark que aún no ha sido detectado. Con el 20% de oscilaciones observadas se excluyen así valores más pequeños que $50 \text{ GeV}/c^2$ para la masa del quark t . Esto significa que la masa de una mesón compuesto por un par $t\bar{t}$ será mayor que $100 \text{ GeV}/c^2$.

Conclusiones y perspectivas

Cuando estas observaciones fueron planteadas en 1987, no se encontraba en funcionamiento ningún acelerador de electrones y positrones que alcanzara la energía necesaria para producir al quark t arriba de los 50 GeV . Actualmente, con el uso de acelerador lineal SLC en Stanford, EUA, el Tevatrón en Fermilab y LEP en CERN, se ha sobrepasado este límite y el quark t aún no ha sido observado; experimentos recientes⁶ han puesto una cota inferior

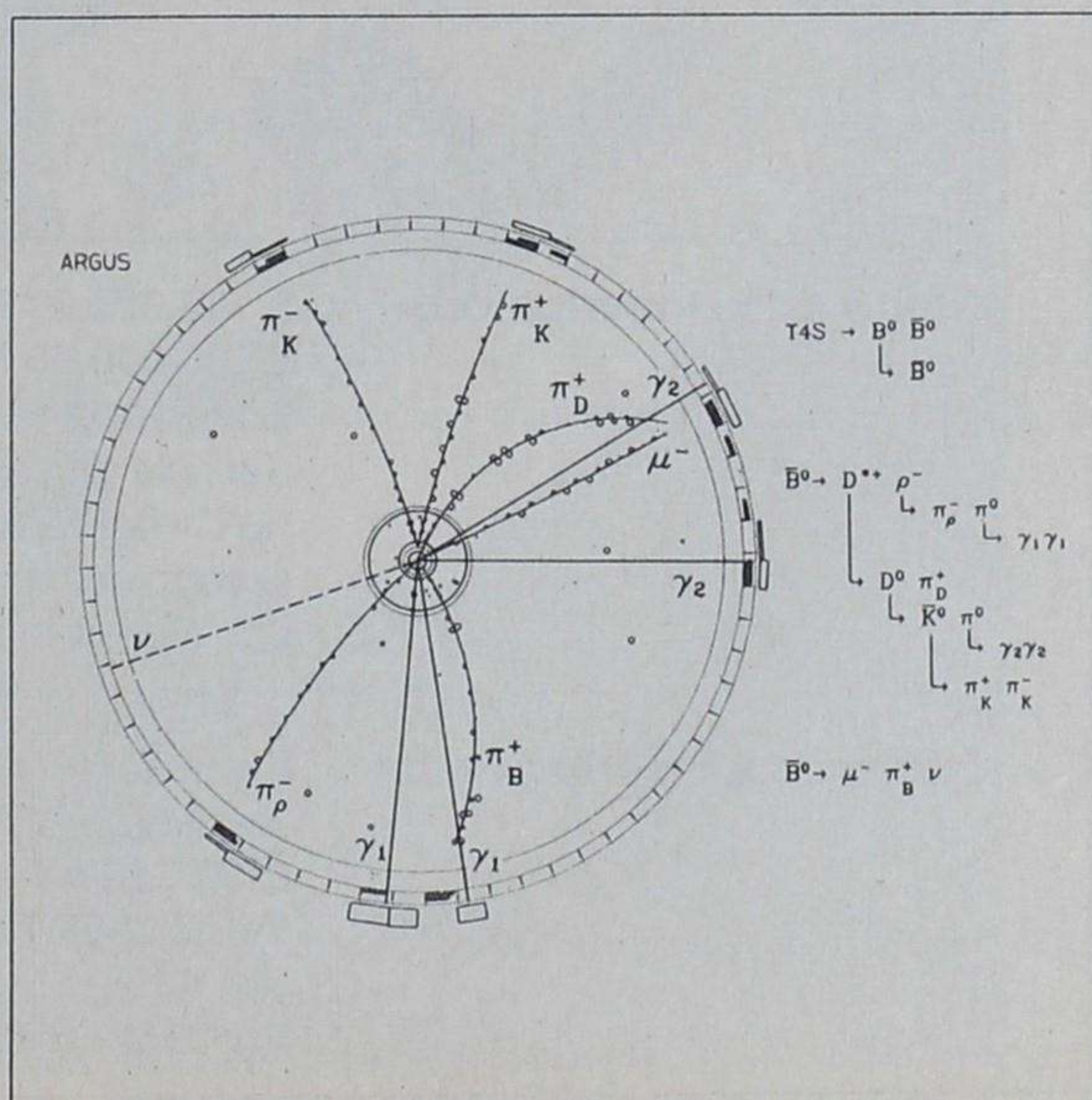
para su masa de 89 GeV . Por otra parte, la auto-consistencia matemática del modelo estándar requiere⁷ que su masa sea inferior a 200 GeV .

La observación del fenómeno de oscilaciones $B^0 \leftrightarrow \bar{B}^0$ es también la primera evidencia indirecta de la existencia del quark t y establece un valor mínimo para su masa. Es además posible afirmar que el quark t se desintegra en un quark b en la mayoría de los casos y en un quark d en muy pocos casos.

Para observar la violación de CP en experimentos con mesones B es necesario construir una "fábrica" asimétrica de mesones B ; esto se puede lograr con ligeras modificaciones de los aceleradores ya existentes, como PEP en Stanford o PETRA en Hamburgo. Ya existen propuestas concretas en esta dirección.

Notas

1. H. Albrecht et al. (ARGUS), *Phys. Lett* **192B** (1987) 247.
2. B. Schwarzschild, *Phys. Today*, August 1987, p. 17.
3. J. Spengler, *Nucl. Phys B.* **1B** (1988) 145.
4. G. Altarelli, *Proc. Europh. Conf, High Energy Physics*, Uppsala 1987, p. 1002.
5. S. Glashow, J. Iliopoulos y L. Maiani,
6. F. Abe et al. *Phys. Rev. Lett.* **64** (1990) 142.
7. P. Langacker, *Phys. Rev. Lett.* **63** (1988) 1920; J. Ellis y G. L. Fogli, *Phys. Lett.* **13** (1989) 232, 139.



El Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN invita al curso
**"Estereoquímica y
 Análisis Conformacional"**

que impartirá el
Dr. Eusebio Juaristi
CINVESTAV - I.P.N.

Fechas: 16 y 17 de Mayo 1991.

Sede: **Auditorio del CINVESTAV**
 Av. Instituto Politécnico No. 2508
 Esq. Av. Ticomán

Programa:

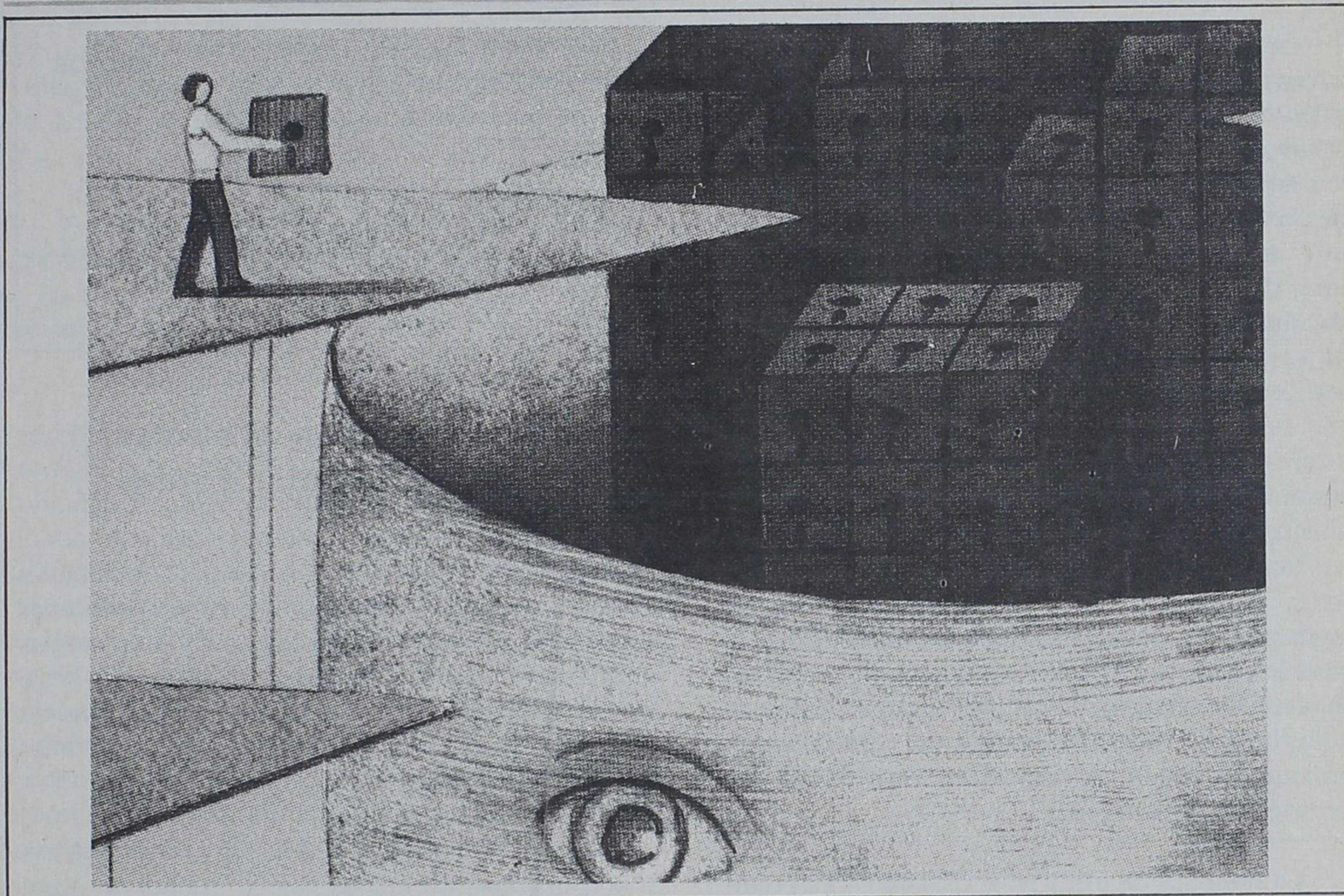
Jueves, Mayo 16:	9:30 10:00 - 13:00	<i>Inauguración del Curso Quiralidad, Configuración Absoluta y Relativa, Estereoquímica de las Reac- ciones Orgánicas.</i>
	16:00-18:00	<i>Proquiralidad, Importancia de la Síntesis Asimétrica</i>
Viernes, Mayo 17:	10:00-13:00	<i>La Metodología de las Síntesis Asimétricas, Pureza Óptica, Resolución de Racematos</i>
	16:00-18:00	<i>Análisis Conformacional de Alcanos y Heterociclos</i>

Costo de la inscripción: \$ 50,000.00 M.N. Estudiantes
 \$ 100,000.00 M.N. Profesionistas
 Constancia de asistencia
 Servicio de café
 *El CINVESTAV ofrece un número limitado de Becas (que consiste en el pago del curso) para estudiantes que tengan promedio mínimo de 9.0. (Favor de enviar comprobante)

Informes e inscripciones: Sra. Laura Valencia
 Departamento de Química
CINVESTAV - IPN
 Tel. 752-06-77
 ext. 4006
 FAX 754-87-07 586-65-64

Los sistemas expertos y la inteligencia artificial

Los sistemas expertos son una forma de abstracción en la resolución de problemas.



Ana Ma. Martínez Enríquez

Los sistemas expertos son programas computacionales que resuelven problemas específicos en cualquier campo del conocimiento. La resolución de problemas implica:

- Comprensión del enunciado.
- Planteamiento del problema.

- Búsqueda de las heurísticas de solución.
- Establecimiento de un plan de solución.
- Generalización de la solución para resolver otros problemas con el mismo grado de dificultad.

Es claro que para llevar a cabo estas actividades, se requiere de inteligencia, razón por la cual los Sistemas Expertos (SE) se ubican en la Inteligencia Artificial (IA), rama de la Ciencia de la Computación.

La IA estudia las máquinas que ejecutan tareas propias del ser humano, en las que se manifiesta la

La doctora Ana Ma. Martínez es Ingeniera industrial de la ESIQIE-IPN, maestra en ciencias de la computación del Centro Nacional de Cálculo del IPN, y doctor ingeniero en informática de la Universidad Pierre et Marie Curie, París VI, Francia. Es profesora adjunta de la Sección de Computación del Departamento de Ingeniería Eléctrica. Su campo de investigación es la inteligencia artificial, los sistemas expertos y el lenguaje natural.

inteligencia; también estudia la modelización del pensamiento. La IA puede abstraerse a dos niveles:

1° Conocimientos básicos,

2° Aplicaciones.

Los conocimientos básicos comprenden las técnicas desarrolladas en la IA como: la representación y adquisición del conocimiento, las heurísticas de solución, la demostración de teoremas, etc.; estos conocimientos son empleados y refinados por las aplicaciones, cuyos programas automatizan las tareas cognitivas y constituyen las ramas de la IA. Algunos ejemplos son: la Programación automática, la Deducción, el Procesamiento del lenguaje natural, Visión, Robótica y los Sistemas Expertos.

Los sistemas expertos se estudian de acuerdo con el dominio de aplicación: sistemas químicos, médicos, de prospección en Ciencias de la Tierra, etc. También, en función del objetivo para el cual fueron diseñados: sistemas de planificación, de diagnóstico, de interpretación, entre otros; o por el mecanismo de inferencia implementado: sistemas de inferencia sin variable (motor "cero") o con variable (motor "uno"), sistemas de razonamiento aproximado cuyos conocimientos son ciertos, inciertos o incompletos, etc.

La figura 1 muestra un esquema simplificado de un SE. La flecha de entrada etiquetada con experto representa los conocimientos aportados por un especialista en un campo del saber, los cuales empleará posteriormente el sistema para resolver los problemas que un usuario planteará. Como ambos no son necesariamente informáticos, el sistema requiere de un módulo para la comprensión de los enunciados (conocimientos del especialista o definición del problema). Esta tarea es realizada por el analizador. Cuando los enunciados se proporcionan en lenguaje cotidiano, entonces se requieren un diccionario y una gramática del lenguaje utilizado; también puede adicionarse una interfase gráfica, haciendo más didáctico al sistema.

Una vez realizada la comprensión, los conocimientos del especialista se representan internamente en la máquina, almacenándose en la base de reglas de deducción (BR); mientras que los enuncia-

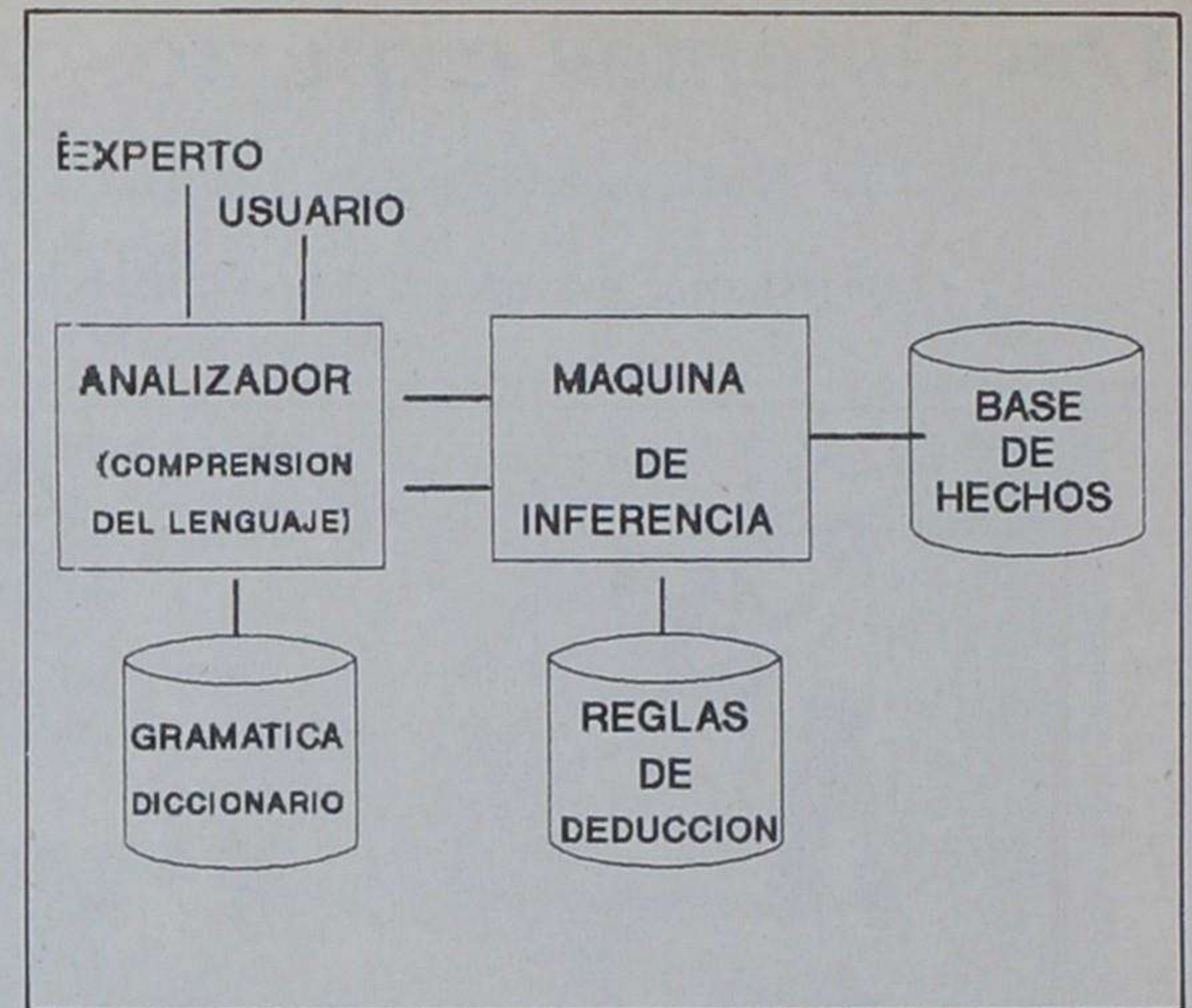


Figura 1. Esquema simplificado de un sistema experto.

dos del usuario se almacenan en la base de hechos (BH). El almacenamiento se lleva a cabo bajo la responsabilidad de quien captura, es decir, definido y analizado previamente, o automáticamente por el sistema; en este último caso, se proporciona paralelamente reglas de deducción para el almacenamiento "inteligente"; es decir, mediante las reglas se organiza, simplifica y establecen jerarquías entre los conocimientos. La aplicación de las reglas de deducción se efectúa mediante la máquina de inferencia del sistema.

Como podemos apreciar, el mismo sistema puede utilizarse en ambas etapas: cuando el especialista proporciona los conocimientos para la resolución del problema, y el usuario busca una utilización particular de éstos. Para ello, el diseño y construcción del SE debe ser suficientemente general, independiente entre los conocimientos específicos requeridos en la solución (reglas de deducción) y el mecanismo de explotación de los mismos (máquina de inferencia). Esta es una característica que diferencia a los SE de los sistemas tradicionales.

Desde el punto de vista operacional, la utilización del sistema comprende dos fases:

- Construcción de la base de conocimientos.
- Sesión de consulta al sistema.

La construcción de la base de conocimientos (BC) es realizada por el especialista; en ésta se inte-

gran los conocimientos acerca del dominio, las relaciones y asociaciones, las hipótesis a comprobar y las heurísticas de solución.

El proceso de construcción de la BC es una tarea difícil, y requiere que el especialista delimite el problema y realice un proceso de abstracción de los conocimientos a integrar. Por otra parte, es importante observar que en la realización de esta tarea influye considerablemente la arquitectura del SE.

A continuación, presentaremos algunas de las aplicaciones acerca de SE que están desarrollándose en nuestro centro de trabajo, ejemplificando el proceso de construcción de la BC.

Diagnóstico de fallas en una central telefónica local

El diagnóstico de fallas en una central telefónica es muy diverso; depende del tipo de equipo y marca con que se cuente; así, la definición del problema consiste en considerar una arquitectura lo más general posible. En cuanto al objetivo del sistema, éste corresponde al mantenimiento rutinario y/o por solicitud del abonado. Otro factor básico es la definición del usuario terminal del sistema; en este caso se seleccionó a la planta interna en línea.

Para poder centrarnos en la fase de abstracción del conocimiento, primeramente tenemos que establecer los posibles factores que originan las fallas, los cuales están en función del tipo de central. Por orden cronológico de implantación, las centrales pueden ser:

- i) Manuales.
- ii) Electromecánicas (F1, AGF, ARF, ARM, etc.).
- iii) Semielectrónicas (AXE, FETEX-100, EMD, etc.).
- iv) Electrónicas (AXE-10, PROTEO, SYSTEMX, etc.).

Las centrales electrónicas, fueron diseñadas pensando en un mantenimiento automático; poseen dispositivos ("hardware", HW), y programas ("software", SW) especializados para diagnosticar el tipo

de falla, el elemento que lo produce y su ubicación.

Por el contrario, las centrales semielectrónicas no poseen las características mencionadas, aunque cuentan con otros dispositivos y programas para diagnosticar fallas particulares.

El mantenimiento de estas centrales es complejo; para darnos una idea, analicemos la magnitud de sus componentes electromecánicos y electrónicos (SSI MSI y LSI). Los componentes electrónicos varían en función del tránsito de la central, por ejemplo:

Para un grupo de mil abonados, poseen tarjetas cuyos componentes (SSI-MSI) son del orden de 30 a 100 circuitos, sin considerar los microprocesadores ni las memorias. También cuentan con elementos discretos del rango de 100 a 300. Estas centrales tienen de 600 a 1000 tarjetas diferentes, las cuales se ensamblan de 150 a 300 formas diversas.

Así, el mantenimiento puede ser tan específico como el análisis de cada elemento (tarjeta), combinado con cada uno de sus componentes (circuitos) y de la función que desempeña en la central. La figura 2 esquematiza la magnitud del problema.

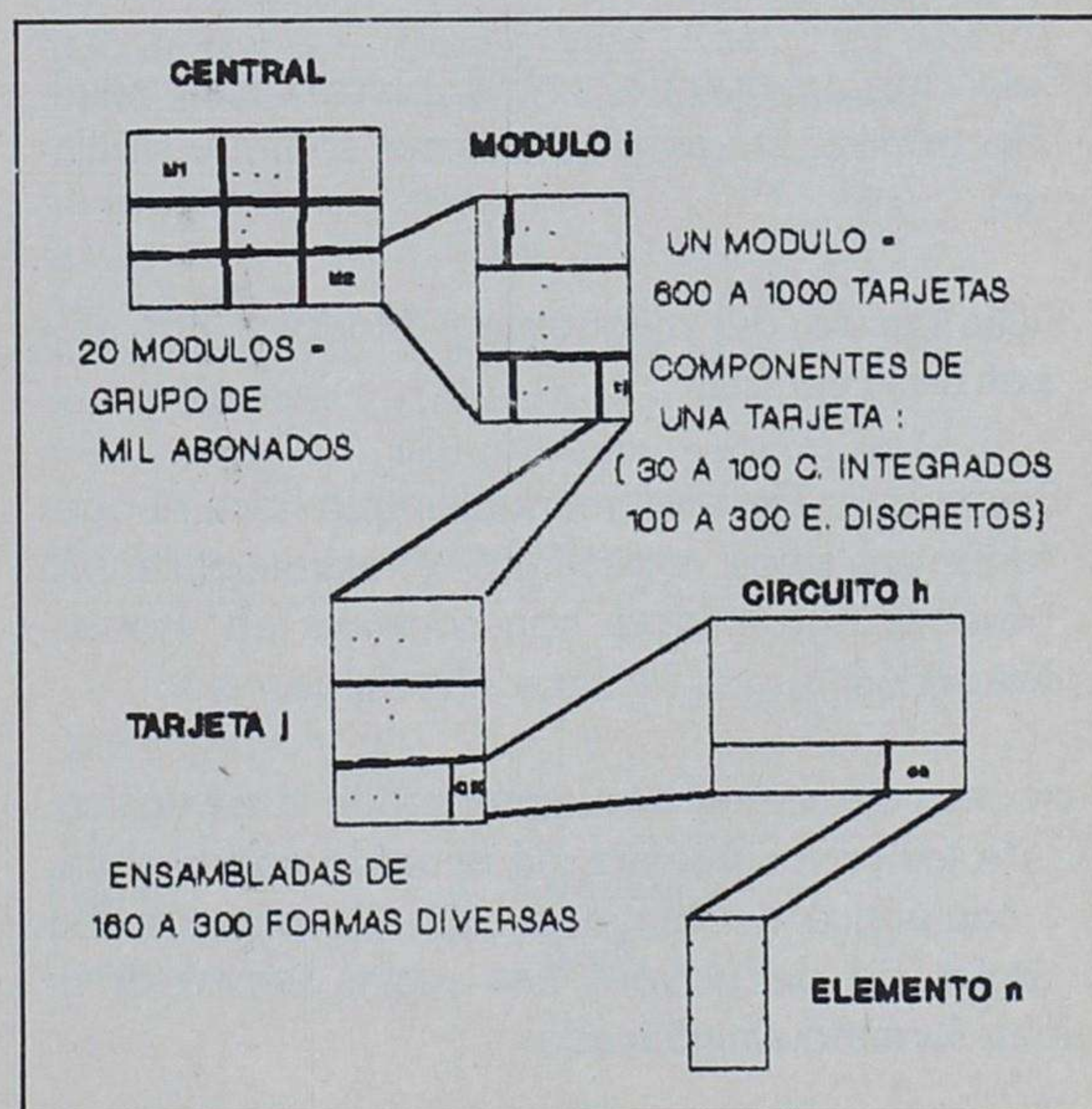


Figura 2. Dimensión del mantenimiento en una central semielectrónica.

Las centrales electromecánicas fueron diseñadas teniendo en cuenta un mantenimiento mecánico de los componentes (selectores, relevadores); también poseen componentes analógicos, que agrega otras consideraciones al problema de mantenimiento.

En consecuencia, el problema puede estructurarse en función del tipo de central (electromecánica, semielectrónica y electrónica) y de la calidad del mantenimiento requerido. La tabla 1 sintetiza estas ideas.

Tabla 1. Características de las centrales telefónicas.

Central Electromecánicas	Características para el mantenimiento Diseño sin autodiagnóstico. Posee interfases ubicadas en sitios específicos de la central, automatizando y sistematizando el mantenimiento.
Semielectrónicas Electrónicas	Autodiagnóstico incluido en el diseño. Autodiagnóstico modular incluido en el diseño.

Los problemas que se desean resolver conciernen a los abonados (véase la tabla 2).

La definición del problema en el diagnóstico de fallas en centrales telefónicas se resume a:

- Selección del tipo de central: Electrónica y semi-electrónica, cuyas arquitecturas son muy similares.
- Delimitación del diagnóstico: Módulos por etapas de la central.
- Evidencias: Pruebas manuales que hace el operario en sitios específicos y estratégicos y/o pruebas automáticas con sensores en esos sitios.

El proceso de abstracción, comprende la especificación de los conocimientos de acuerdo con la sintaxis y semántica del lenguaje utilizado para escribir las reglas de deducción. Las reglas tienen el siguiente formato simplificado:

SI SITUACION ENTONCES ACCION

Algunas de las reglas comprendidas en la base de conocimientos TELEFON se ilustran en la figura 3.

Los módulos comprendidos en la base de conocimientos TELEFON son un subconjunto del problema, pero la metodología se aplica a nivel de detalle, como sería el caso de los circuitos integrados; sólo es necesario contar con el especialista y los recursos materiales para la solución.

Tabla 2. Algunos problemas de en una central telefónica.

Tipo de falla	Causas probables
El abonado no recibe tono	—Máquina de tonos dañada. —Juntor dañado. —Marcador de señales dañado. —Bus de dirección en mal estado. —Decodificador descompuesto. —...
Conexión del abonado equivocada	—Disco del abonado dañado. —Tx de cifras en mal estado por: humedad, líneas en corto circuito, T de barrido bajo, etc. —RX cifras equivocadas. —Traducción errónea de cifras. —Enrutado equivocado. —Marcador dañado. —...
Mal tarifado	—Etapa de tarificación dañada. —Abonado mal clasificado. —Contador de tarificación dañado. —Acometida pirata. —...
Abonado mudo	—Corto en la línea. —Alta humedad en la línea. —Línea abierta. —Abonado suspendido. —...
Llamadas cortadas	—Contador de retención dañado. —Memoria temporal dañado. —Niveles bajos de salida del MK. —Impulsores del bus bajos. —...
No se reciben llamadas	—Etapa de salida dañada. —...
Abonado no puede llamar	—Suspendido: adeuda pago. —derivaciones sin autorización. —...
Otras ...	

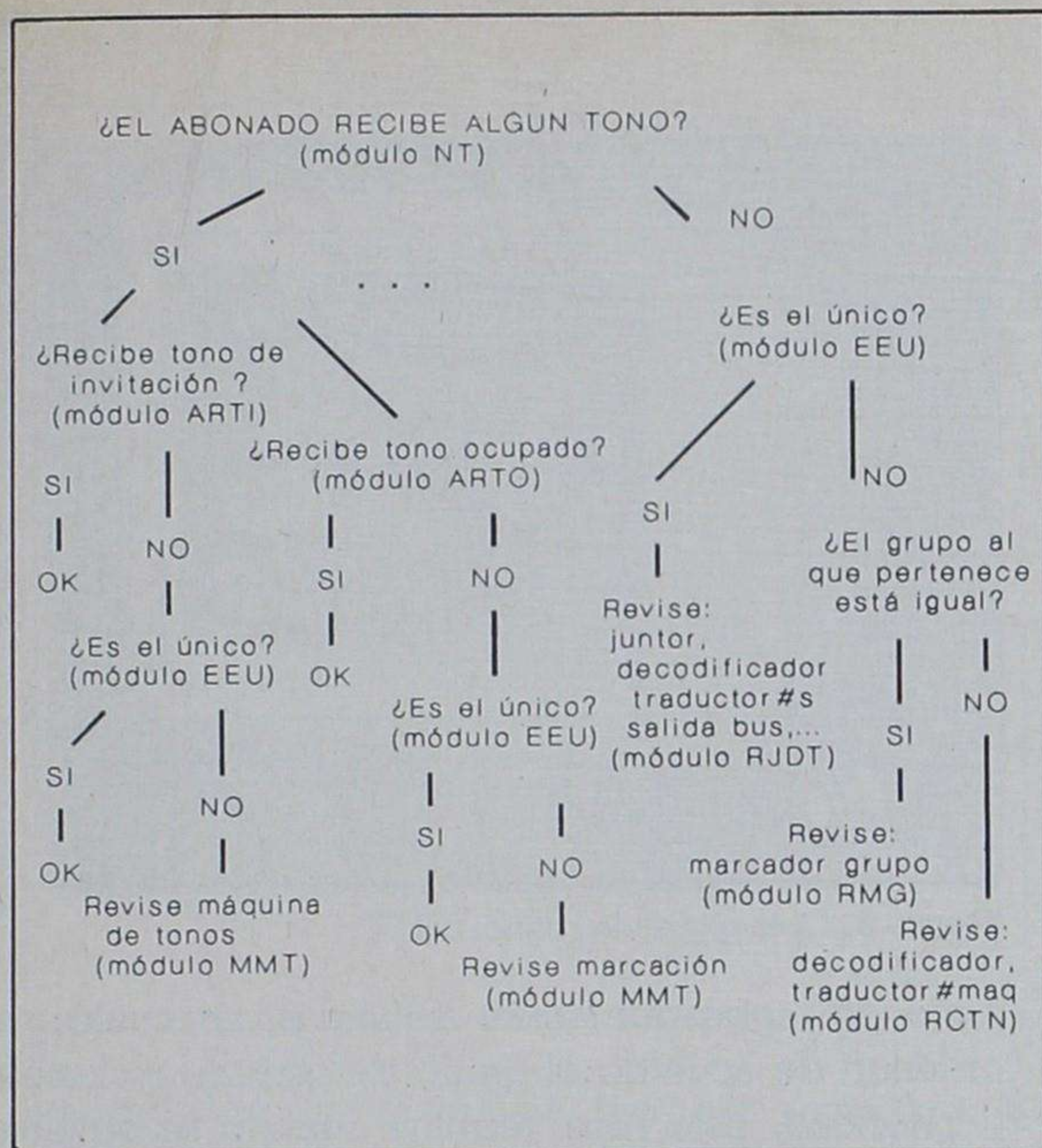


Figura 3. Algunas de las reglas de la BC TELEFON.

Diagnóstico de intoxicación ocasionado por diferentes sustancias

Uno de los problemas de los países industrializados es el efecto toxicológico que las sustancias químicas provocan sobre el ambiente. Los efectos colaterales son en sí complejos, extensos y difíciles de integrar si no se cuenta con la ayuda de especialistas de diversos campos, como son los médicos, químicos, laboratoristas, biólogos, informáticos, etc. Por ejemplo, la intoxicación se produce por inhalación, ingestión y contacto; el grado de exposición es permanente u ocasional, conocida o insospechada, como ocurre en la actualidad, cuyos efectos se manifiestan a corto, mediano o largo plazo; y la sintomatología no es exclusiva.

El análisis de este caso tiene aquí como objetivo mostrar la tarea del ingeniero del conocimiento informático, cuyas principales funciones son la adquisición del conocimiento de un grupo de especialistas; realizar el proceso de abstracción y estructuración del conocimiento, de acuerdo a la filosofía del diseño y construcción del esqueleto del SE. El término esqueleto se refiere a la facilidad que presenta el SE para resolver el problema a partir de

reglas de deducción, independiente del dominio y de la utilización particular requerida y sin necesidad de modificar el código de los programas que lo conforman.

El ingeniero del conocimiento debe considerar, en la construcción de la base de conocimientos, los posibles usuarios terminales del sistema; facilitar la ubicación en el subproblema de su interés y no forzarlo a realizar la consulta completa, sobre todo si ésta es extensa. También, hacer la consulta con sentido común, por ejemplo, preguntas relativas al embarazo y aborto están relacionadas con el sexo femenino.

Con este enfoque y gracias a que la arquitectura modular del SE en el que se construyeron las bases de conocimientos. INTOX, por ejemplo, está organizada considerando el estado del paciente: conmoción, inconsciencia y coma; casos con pruebas de laboratorio y gabinete; infante o adulto.

Mediante la base INTOX, se efectúa una primera aproximación en el diagnóstico de 21 diferentes tóxicos (tabla 3), para posteriormente pasar a otras más específicas, como la del plomo, cianuro y arsénico, que operan en el mismo esqueleto de SE.

Tabla 3. Sustancias que provocan intoxicaciones frecuentes.

Tipo de tóxico	Casos
Medicamentos	Aspirina, anestésicos, morfina, insulina, somníferos.
Sustancias químicas del ambiente	Plomo, arsénico.
Sustancias químicas de uso doméstico y laboratorio	Acidos y álcalis, aguarrás, DDT, cianuro, fósforo, alcanfor, yodo, benzol-benzina, perfume, alcohol, cafeína.
Alimentos	Pescado, hongos.

Los módulos de acuerdo con el estado del paciente son:

Estado	Módulo
Consciente	MAIN
Coma	CON-COMA
Conmoción	CON-SHOCK
Inconsciencia	SIN-CONOCIMIENTO

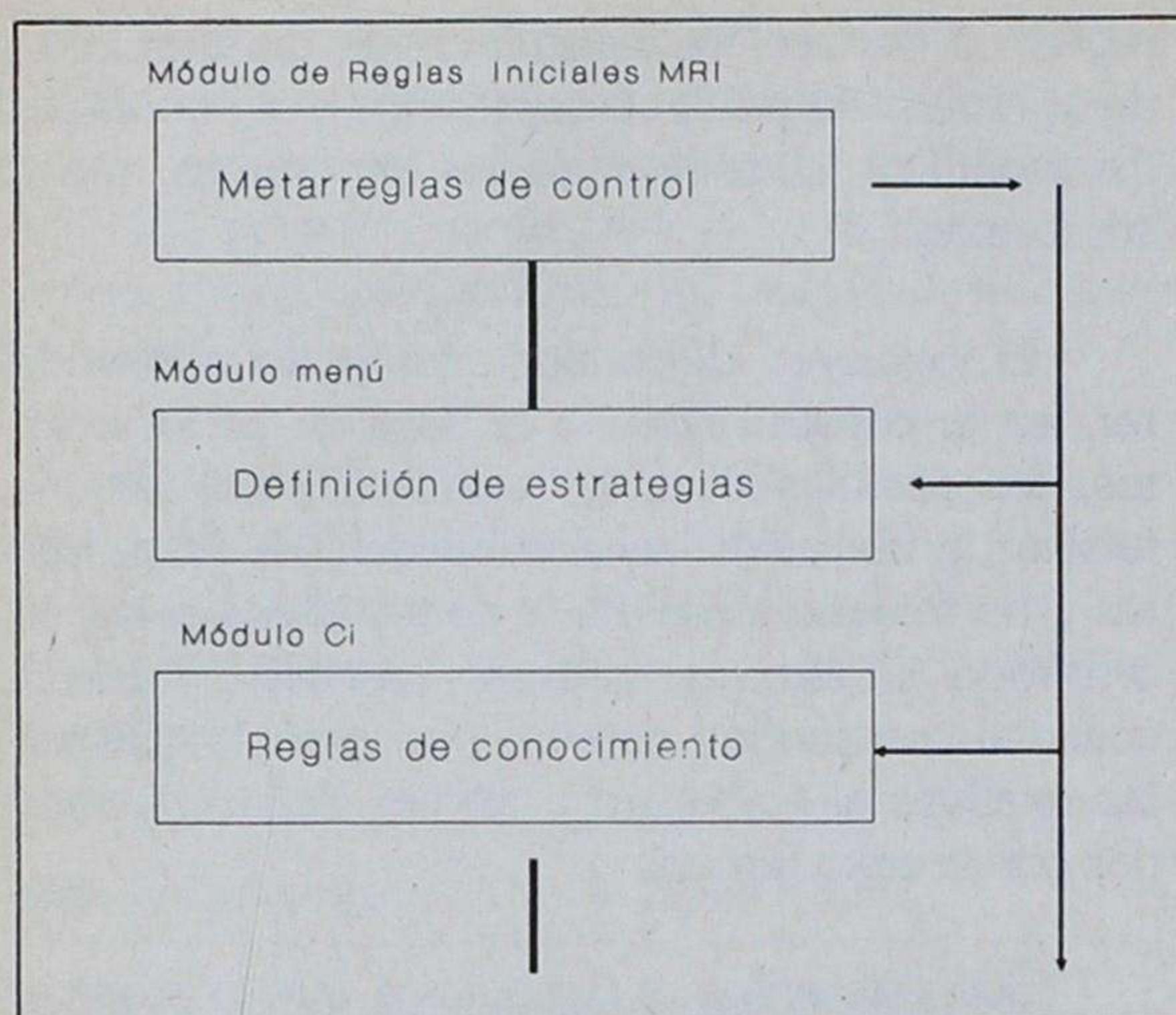


Figura 4. Módulos del sistema.

El disparo de los módulos está condicionado a la respuesta de las preguntas formuladas en la consulta. Por ejemplo, al iniciar pregunta:

- i) ¿Cree que el paciente está intoxicado?
- ii) ¿El paciente tiene pulso?

Si la respuesta es no a cualquiera de las preguntas anteriores, el sistema abandona la base de conocimientos, enviando un mensaje de no ayuda y regresa al menú principal. En caso contrario, continuará con la sesión, explorando los otros módulos.

En el esqueleto de SE empleado, el módulo constituye la unidad de estrategia. La prioridad con la que se disparan los módulos, establece el plan de solución. El control del sistema, está definido en uno de los módulos mediante metarreglas de control. Un esquema global de los módulos y su función se ilustra en la figura 4

Inicialmente, el sistema cuenta con una estrategia por omisión que selecciona el módulo con las estrategias a seguir. Se pasa al nivel inferior, utilizando los parámetros de control asociados al módulo (búsqueda y poda), procediendo a la evaluación figura 5.

Durante la evaluación, el sistema selecciona el conjunto de reglas conflicto y desciende al nivel asociado a las metarreglas MRR, que filtran el con-

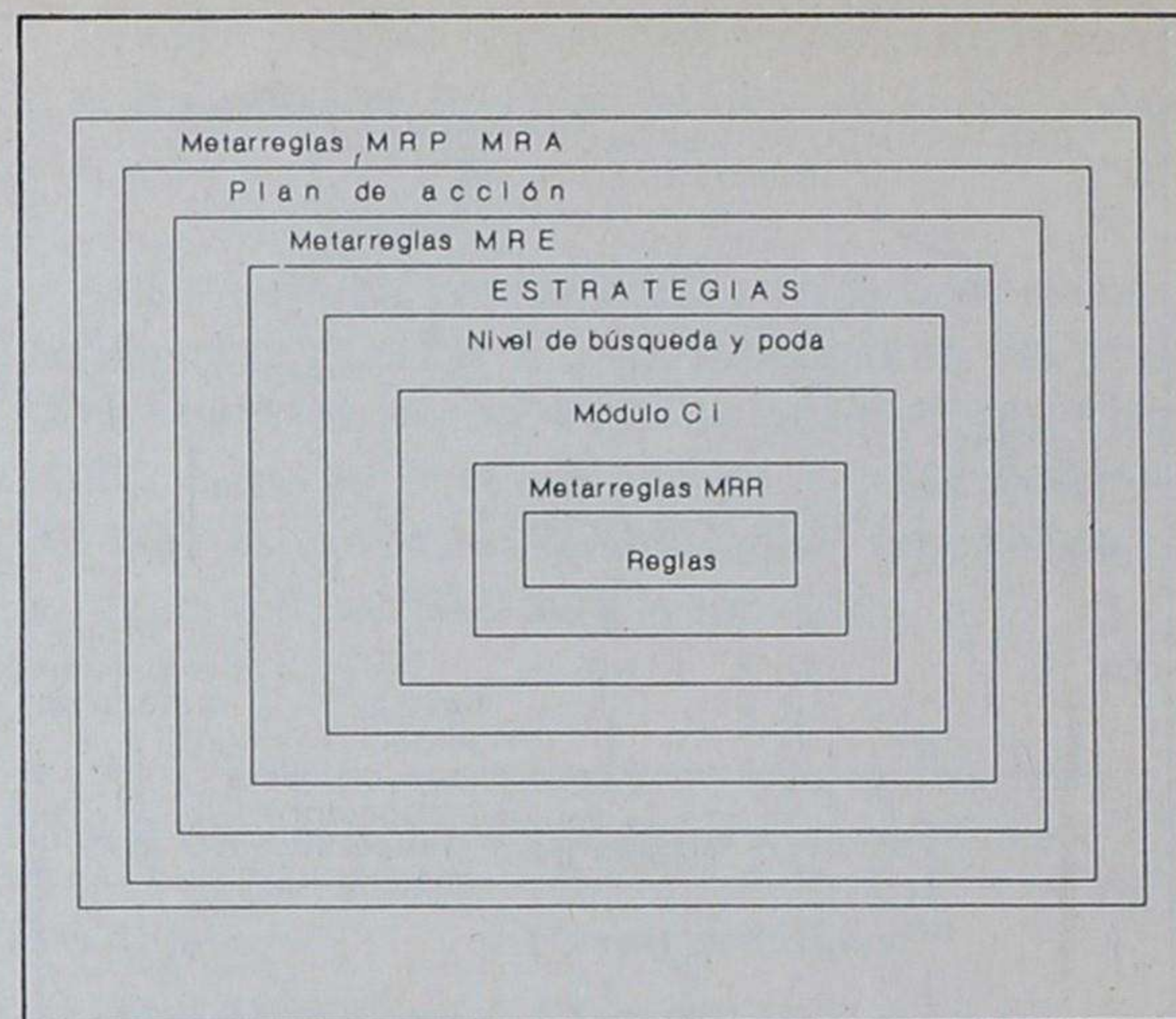


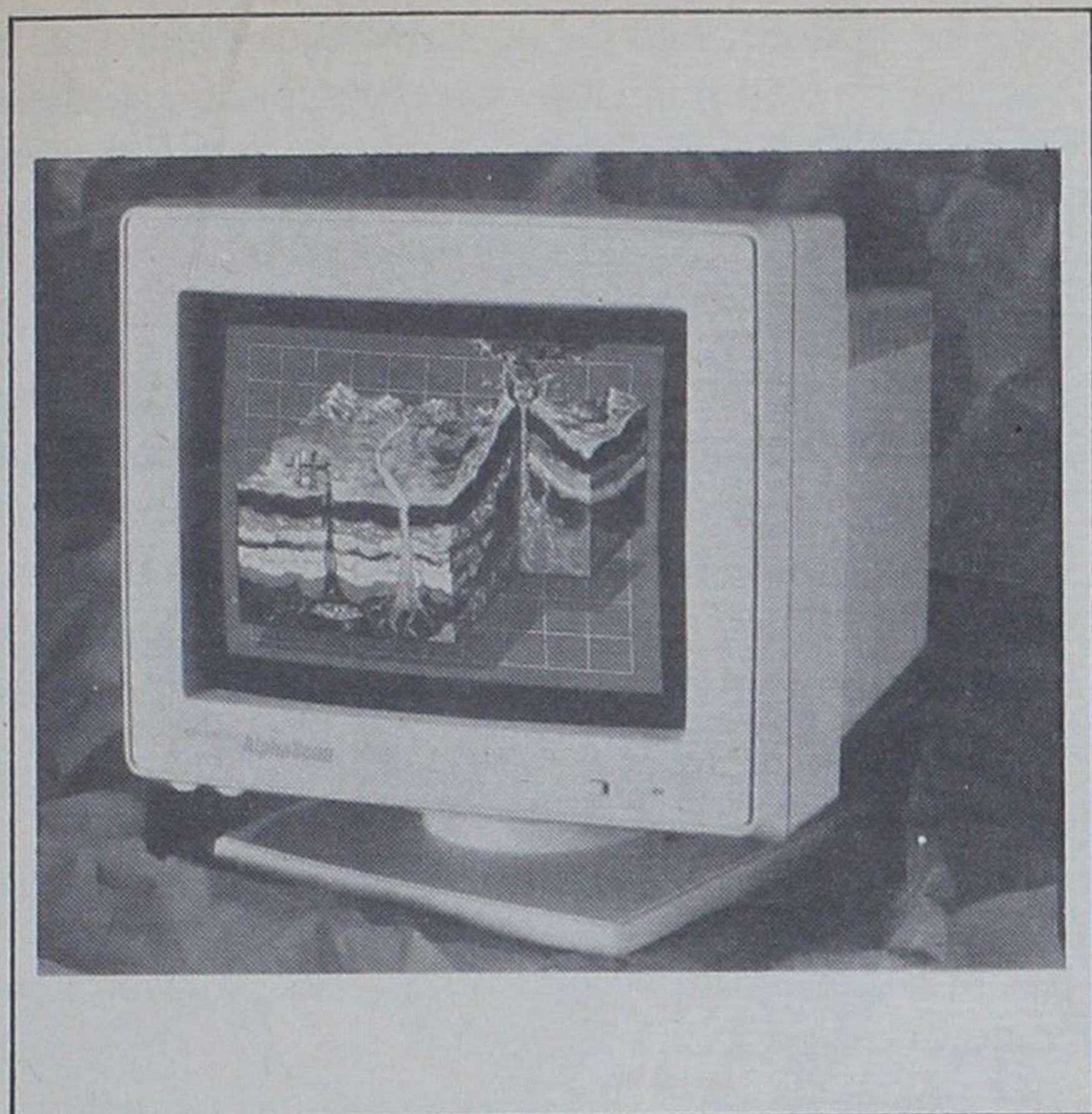
Figura 5. Ciclo global de control del SE.

junto de reglas que serán activadas, las cuales se ordenan de acuerdo al grado de certeza, inclusión y prioridad. Este nivel termina cuando se obtiene un hecho del exterior o cuando una regla se ha ejecutado; es entonces cuando se regresa al nivel superior (hipótesis), intentando aplicar una metarregla MRE para ver si la estrategia ha sido modificada. El ciclo continúa mientras existan reglas potencialmente aplicables. En caso de que alguna metarregla se aplique, el nivel heurístico es el responsable de combinar la nueva estrategia con la que estaba en curso, a fin de obtener el nuevo plan. Una vez comprobada la hipótesis, se selecciona el primer módulo (Ci), repitiéndose el ciclo mencionado.

Cuando la primera acción del nuevo plan sea un test final, entonces se evalúan las metarreglas MRA y el sistema observa si se ha producido alguna condición de terminación. Si esto sucede, el ciclo termina; en caso contrario se selecciona la siguiente acción del plan, continuándose de la misma forma. La figura 5 ilustra el caso.

De esta manera, durante la ejecución, los módulos pueden ser "visitados", "eliminados" y en proceso de "definición". Cada módulo tiene asociado un grado de certeza, el cual es modificado en función del entorno del sistema (caso en curso).

El sistema "visita" un módulo como parte de las acciones establecidas por las metarreglas MRE; la



presencia de una evidencia hace que se ejecute la acción, por ejemplo:

Metarregla01

SI EDAD < 11 ENTONCES VISITAR MÓDULO ANEMIA

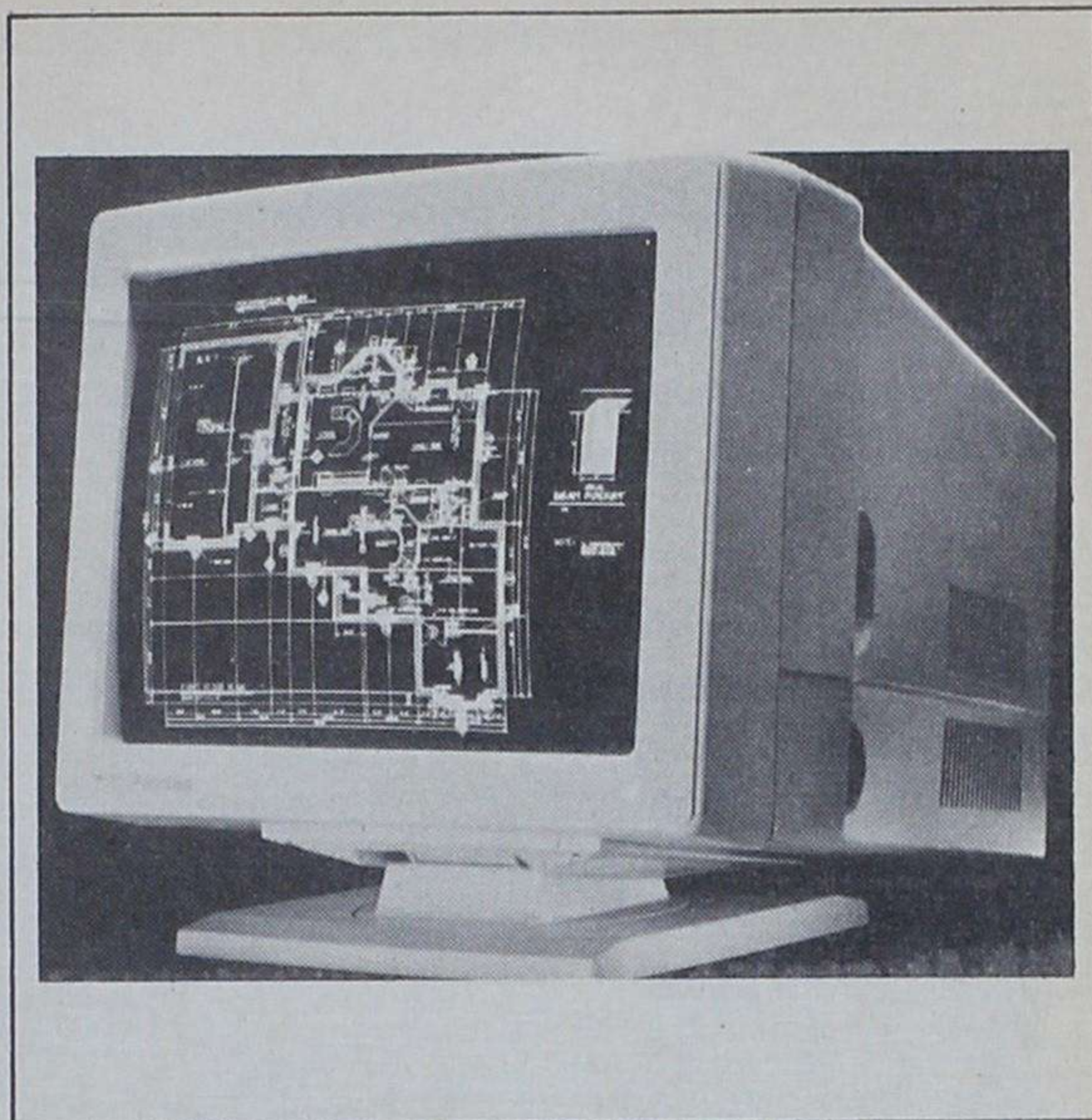
La acción "visita" módulo, significa que la máquina de inferencia aplicará las reglas del módulo anemia. El mecanismo de inferencia opera de dos formas:

- Encadenamiento hacia adelante (*Modus Ponens*).
- Encadenamiento hacia atrás (*Modus Tollens*).

En el primer caso, el sistema investiga (pregunta al usuario) los antecedentes de las reglas para concluir o deducir el consecuente.

En el encadenamiento hacia atrás, se parte de la conclusión o consecuente, investigando los hechos que la deducen.

Los hechos representan las evidencias, las hipótesis a comprobar, los conceptos, etc., a partir de los cuales el sistema es capaz de construir el resto de sus conocimientos. Por ejemplo, los antecedentes y conclusiones de las reglas son en sí hechos, y cada regla es también un hecho.



Los hechos pueden ser de dos tipos: Definidos por el sistema y pre-establecidos por el especialista. En el primer caso tenemos:

Booleano. Cuando los valores asociados al hecho son {Falso, Verdadero}. Por ejemplo: "¿El paciente tiene pulso (Sí/No)?".

Numérico. Cuando el valor asociado al hecho es un número real. Por ejemplo: "¿Número de leucocitos?".

Difuso. Cuando los valores asociados al hecho son apreciaciones subjetivas, y cuya evaluación está determinada por un conjunto de términos lingüísticos predefinidos por el especialista. Por ejemplo: "¿El paciente ha perdido peso (Imposible, Casi-imposible, Ligeramente-posible, Posible, Muy-posible, Casi-seguro, Seguro)?".

Clase. Cuando los valores asociados al hecho son vacío, no vacío o desconocido. Otros hechos mantienen relaciones de inclusión entre ellos. El valor de una clase será no vacío si y sólo si alguno de los hechos bajo la relación de inclusión esté presente. Por ejemplo: "¿Existen resultados de análisis de laboratorio y de gabinete?".

Este hecho tiene relación con otro denominado "expediente-completo".

Los hechos pre-establecidos por el especialista son:

Enumerado. El especialista tiene la facilidad de definir hechos por enumeración de valores simbólicos. El valor de un hecho será un subconjunto no vacío del conjunto de valores definidos. Por ejemplo: "¿La consistencia del hígado es: (blanda, dura)?".

De los diferentes tipos de hechos mencionados, observamos que el mecanismo de inferencia está fundamentado no sólo en la Lógica bivaluada, el Álgebra relacional y el Cálculo numérico, sino también la Lógica difusa, la Estadística, entre otras, ya que opera sobre conocimientos subjetivos, incompletos e inciertos.

La gran cantidad de conocimientos de naturaleza diversa tales como heurísticas de solución, hipótesis a comprobar, relaciones y asociaciones, universo del discurso y fundamentos matemáticos, necesarios en la resolución de problemas, requieren en adelante de la integración de grupos interdisciplinarios, a nivel de construcción y de utilización de programas especializados como los SE, a fin de obtener resultados satisfactorios en las aplicaciones y en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En nuestro centro de trabajo se han desarrollado bases sobre diagnóstico de tipo de hepatitis; grado de intoxicación por contaminación ambiental y riesgo profesional por plomo, cianuro y arsénico; fallas de una central telefónica; riesgo estructural debido a sismos y fallas mecánicas en locomotoras diesel eléctricas. Algunas de ellas operan en el sistema MILORD, desarrollado en el Centro de Estudios Avanzados de Blanes-España, grupo de investigación en Inteligencia Artificial, con el que mantenemos un convenio de colaboración.

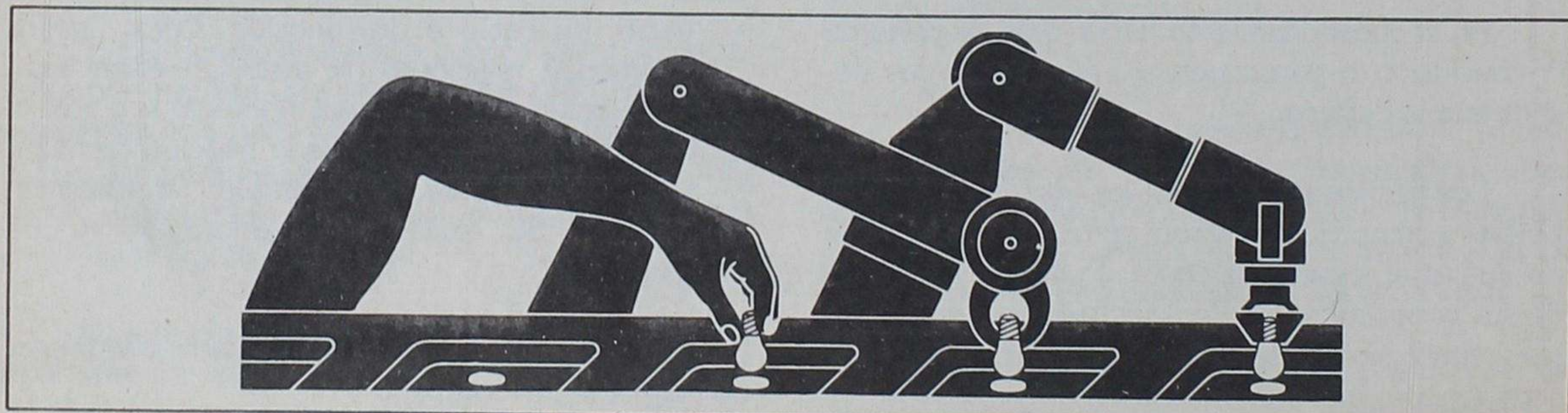
En el desarrollo de estos trabajos dentro de la Sección de Computación han participado estudiantes de maestría y diplomado en Ingeniería Eléctrica, así como profesores visitantes de otras universidades.

Las bases de conocimientos que operan en los SE son susceptibles de extenderse y refinarse, ya que el entorno y en sí los problemas son dinámicos. Las aplicaciones potenciales de los SE, en diversas especializaciones cognoscitivas es amplia, y constituyen otra forma de abstracción en la resolución de los problemas.

Los SE y en general la IA son una línea de investigación abierta, requiriéndose de grupos interdisciplinarios para constituirlos más fuertemente como una ciencia.

Bibliografía

- Altamirano C. E. (1989) "Riesgo estructural debido a sismos", Reporte técnico interno, Sección de Computación, Depto. Ing. Eléctrica.
- Godo L., López de Mántaras R., Sierra C., Verdaguer A. (1987): "Managing Linguistically Expressed Uncertainty in MILORD-application to Medical Diagnosis", a AAVV:7th International Workshop Expert Systems and their Application, Avignon, pp. 571-596.
- Ortiz L. A. (1990) "TELEFON: una base de conocimientos para el diagnóstico de fallas en una central telefónica", Reporte técnico interno, Sección de Computación, Depto. Ing. Eléctrica.
- Martínez E. A. (1987) "La inteligencia Artificial y algunas de sus aplicaciones", Volumen I, II y III, Informe técnico No. 62, Serie amarilla, CINVESTAV-IPN, Depto. Ingeniería Eléctrica.
- Martínez E. A. (1988) "Primer curso internacional de Sistemas Expertos", Informe técnico No. 19, Serie verde, CINVESTAV-IPN, Dpto. Ingeniería Eléctrica.



Perspectivas

Entrevista con Feliciano Sánchez Sinencio

El 14 de diciembre pasado el Dr. Feliciano Sánchez Sinencio tomó posesión como nuevo Director General del CINVESTAV. El Consejo Editorial de Avance y Perspectiva sostuvo con él la presente charla.



Los laboratorios industriales, un punto de reunión entre el sector productivo y el CINVESTAV

AyP: Sabemos de sus estancias en los laboratorios industriales de RCA en Princeton y en Centros de Investigación en Física en Brasil. Ambos sitios representan dos polos de desarrollo. ¿Podría relatar-nos sus experiencias pensando en el CINVESTAV? ¿Qué tomaría y qué no tomaría de ellos?

FSS: Sí, lo primero que yo tomaría es lo que los brasileños llaman "romper" el mito, y un mito yo diría en el nivel de la sociedad, ya no sólo en el industrial. Por ejemplo, si IBM invierte 4,000 millones de dólares anuales en desarrollo tecnológico, entonces parecería que nosotros ya no tenemos nada

que hacer en ese renglón. Yo creo que los brasileños muestran muy bien cómo quebrar este mito: simplemente con una enorme confianza en que lo van a hacer. Pero también debemos considerar la decisión política que antecede a la entrada de los académicos en esto.

Hay gente dentro de lo que es el Ministerio de Planeamiento, que equivaldría a SPP en nuestro país, quien decide que Brasil va a ser primermundista y llama a los brasileños que están trabajando en los laboratorios industriales en ese momento... y estoy hablando del principio de los setentas. Contratan gente que estaba en Bell Telephone, gente que estaba como profesor de tiempo completo en la Universidad del Sur de California y la instalan en Campinas. A este personal se le dota de 10 millones de dólares para equiparse y, como he dicho,

estamos hablando del año 70. Yo no sé a precios actuales lo que son 10 millones de dólares, pero era una cantidad de dinero considerable. Así que el apoyo político y económico es tal que antes de que termine la década ellos cuentan con más de ciento y tantos doctores en física en la Universidad de Campinas.

Se trata de todo un boom, donde el siguiente paso lo da la misma gente: crear un laboratorio industrial como el lugar donde se produciría el encuentro con la industria. Para ello, una vez más, se toma la decisión política de agregar un impuesto especial al teléfono, que me parece es del 2%. Con esos recursos crean un laboratorio industrial cuyo presupuesto al año es de 90 millones de dólares, y 90 millones de dólares significa, qué sé yo, tres veces el presupuesto del CINVESTAV. Eso es Telebras. Uno siente la fuerza de los recursos en el momento en que se ingresa allí; aquello es un coloso. Y allí empieza todo el desarrollo. La gente que estaba en la Universidad empieza a fluir hacia allá, permite que se forme más gente dentro de la Universidad y que exista una salida natural extra, que no sea solamente el ir a otras universidades.

Hay una industria que se llama Algas, dedicada a la construcción de láseres de estado sólido y allí mismo se hace el empaquetado con las fibras ópticas. Esto incide sin duda en todo lo que es la comunicación digital y óptica en el sistema de comunicación brasileño.

AyP: ¿Esas empresas son estatales o privadas?

FSS: Algas es totalmente privada. Pero regresando al tema, creo que ésta es la forma como se hace el desarrollo, ¿no es así? Si ponemos el caso de RCA, pues allí nuevamente la decisión no fue de un científico, porque David Sarnoff no lo era; era un aficionado a la radio, sólo que él queda en una muy buena posición al terminar la guerra, pues desde un laboratorio que él crea había colaborado con el sistema estadounidense de radares. Al terminar la guerra, puede hacer uso de un laboratorio razonablemente bien montado y decide que no es mala idea desarrollar una televisión. En sus instalaciones se desarrolla el 70% de la TV en blanco y negro. Cuando termina, se lanza sobre el proyecto de hacer una televisión a colores. Notemos en todo esto que no se trata de una decisión científica; es una

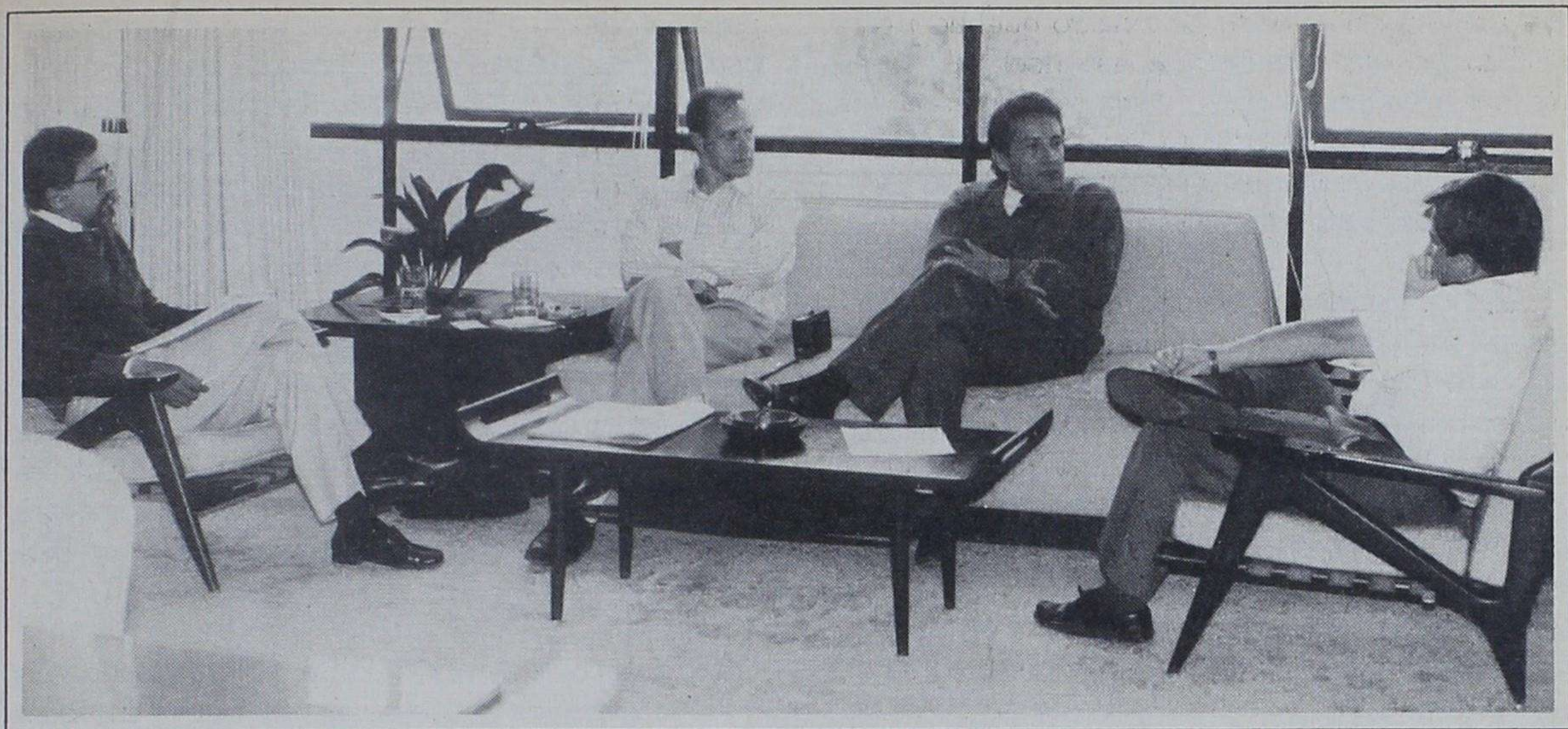
decisión de alguien que olía el mercado y decía, bueno, me la voy a jugar por allí.

AyP: En el ejemplo de los laboratorios RCA, ¿qué se dio primero, la industria o el laboratorio?

FSS: El laboratorio, igual que en Brasil. Me parece que lo mismo sucedió en IBM, cuyo antecedente es el laboratorio de Thomas Wattson, en Yorktown Heights. Véase la Xerox. La Xerox es un muy buen ejemplo. Nace así: hay un individuo que se llama Carlson, ingeniero de Caltech, y en los treinta inventa un sistema donde carga una superficie aislante con una descarga eléctrica y muestra que se pueden sacar copias, pero son pésimas. Un grupo de inversionistas decide comprarle la patente y la incorpora al laboratorio industrial Batelle. Allí se trabaja sobre la idea cerca de diez años. Se prueba con el azufre, con el selenio, se recurre a distintas mezclas de materiales y se analiza cuál será la forma más conveniente de hacerlo, hasta que se diseña todo el proceso xerográfico. Y allí nace la industria. Vemos cómo primero estuvo incubado en un laboratorio industrial, luego nace la industria y ésta, con las utilidades, crea después laboratorios industriales muy fuertes, que son los que se encuentran en San José y Rochester.

Pareciera que ideas como éstas pueden ser consistentes con la línea de desarrollo que se quiere para el país. Lo he platicado con algunos funcionarios de nuestro gobierno, y ellos tienen ideas similares. Yo creo que una de las cosas fundamentales es entender que algo para lo que está muy bien diseñado el CINVESTAV, para lo que fue creado este Centro de Investigación, es para la formación de recursos humanos. Estoy convencido que los pioneros que crearon el CINVESTAV abrieron toda una perspectiva para nosotros. Hoy, nuestra generación tiene la seguridad de que sabe formar maestros y doctores en ciencias, sabe crear investigadores. Ese es el gran avance.

En una ocasión reciente, le pregunté a Eugenio Méndez Docurro cómo habían concebido al Centro. Y, entre lo que me contestó, hay aspectos totalmente válidos hoy en día. Me dijo: "Mira, una de las cosas importantes fue que la gente se dedicara en forma exclusiva, cosa que no existía en esa época, y que fuera de la más alta calidad". Así que la calidad y la exclusividad fueron elementos consi-



derados desde la hora cero, y eso yo creo que no lo hemos perdido y que no lo debemos perder. El fue muy claro en una cosa. Me dijo: "Conseguimos todo eso porque los salarios eran altos, y en eso fuimos muy enfáticos. Y quien lo autorizó fue directamente el Presidente de la República."

Bueno, creo que hubo realmente la decisión política de formar un lugar de excelencia. Aunque era muy difícil, todo el cuidado que se tuvo para hacerlo arrojó frutos en los primeros diez años. En esas fechas ya se había conseguido mostrar que este Centro era un centro de excelencia; cuidado, diseñado, hecho con todo el cariño para que aquí se formasen investigadores.

Le repetí a Eugenio Méndez Docurro aquello que muchas veces dije del Departamento de Física, y ahora lo sostengo en general para el CINVESTAV: Si este Centro se trasladara al primer mundo seguiría siendo competitivo.

Esa es la herencia que hombres como él, y varios otros, nos dejaron. Las herencias las puedes derrochar o multiplicar. Derrochar es muy fácil... Y no sé hasta dónde es apropiada la palabra "derrochar", porque siento que en cierta forma se nos ha erosionado, y quizá uno de los principales indicadores es la pérdida de la gente; el hecho de que notables investigadores nos hayan dejado significa que hay algo que no se ha mantenido en los estándares, es decir, hemos dejado de ser competitivos

en condiciones generales de trabajo, en términos académicos y en nuestras posibilidades de investigación.

Evaluación del trabajo académico

AyP: Se han aprobado ya las becas de desempeño académico para el personal del CINVESTAV. ¿El Centro puede aportar algo a un sistema nacional de evaluación institucional y del trabajo académico de los investigadores?

FSS: Creo que nuestro sistema de evaluación de individuos ya ha tenido influencia; somos una de las instituciones pioneras en términos de evaluación. Cuando apareció el SNI o cuando se empezó a plantear el problema de evaluar para dar las becas de desempeño académico, nosotros ya contábamos desde hacía unos 10 años con la Comisión de Promociones y Becas de Exclusividad y Productividad (COPBEP).

Así que lo que está pasando es simplemente el reconocimiento, por parte del sistema educativo del país, a los procedimientos rigurosos del CINVESTAV. La evaluación no es nada que no sea parte del cotidiano nuestro, forma parte de la mentalidad de nuestros investigadores. Están acostumbrados a enviar su trabajo a evaluación. Si la evaluación es aprobatoria, te lo publican; si es negativa, te piden que lo corrijas o no te lo aceptan. Es decir, el pro-

ceso evaluatorio es parte de nuestro quehacer diario. Cuando uno termina una tesis doctoral, el trabajo va a los pares. Hay cuatro o cinco personas que, junto con el estudiante, analizan lo que uno ha publicado, cuál es el contenido de la tesis y demás. Siempre todo está siendo evaluado.

Así que para nosotros las evaluaciones no son nuevas. De hecho, durante la primera ronda del SNI nos sorprendió que no tuviera pies ni cabeza. Creo que eso nos impulsó a algunos de nosotros a publicar nuestro lineamiento, a manera de sugerencia, en la revista de la Academia de la Investigación Científica. Por nuestra parte, estamos preparados para llevar a cabo una evaluación completa de la institución, sus departamentos, sus unidades, sus funciones. Creo que eso siempre lo hemos sentido como parte de una crítica positiva para nosotros mismos. Creo que sobre todo nos va a ayudar a nosotros.

Relaciones institucionales

AyP: ¿Podría esbozarnos las tendencias que seguirá su administración respecto de los nexos entre Zacatenco y las unidades en el interior de la República?

FSS: El Centro es una experiencia que debe ser reproducida, de eso no tengo la menor duda. Como he dicho antes, demostramos ya que sabemos hacer las cosas, que sabemos nadar solos. Hemos creado una estructura que ha probado su eficacia, por lo que me parece que, sin descuidar el molde original, esto es, la exclusividad y las exigencias académicas, la experiencia CINVESTAV debe extenderse por todo el país. Pero también creo que llegará el momento en que las semillas plantadas en Mérida, Saltillo, Irapuato, Guadalajara, a las que se les ha puesto todo el cuidado durante su crecimiento, una vez maduras, deberán seguir su camino. Mientras tanto, estamos diseñando un departamento de enlace a fin de resolver sus cuestiones de manera más expedita.

AyP: ¿Cómo considera la relación entre el CINVESTAV y el IPN?

FSS: Excelente. Los vínculos que nosotros en Física hemos mantenido con la Escuela Superior de Física y Matemáticas pudieran ser *sine qua non*. No lo son, ni con mucho, e inclusive hay muchos otros

departamentos del Centro que a lo mejor tienen una interacción mucho más intensa con el Politécnico. Platicando con Adolfo Martínez Palomo, me hablaba sobre lo que es Patología Experimental, y viendo la amplitud y lo plural de las áreas que él cultiva, le dije: "Se me hace un poco pequeño tu equipo como para aguantar todo lo que cubres". Y me contestó: "Pues tienes razón, lo que hacemos es traer gente de afuera". Entonces me contó que Carbajal, de Ciencias Biológicas, les viene a dar clase acá, y muchas personas más. O el caso de Bioelectrónica, por ejemplo, que mantiene una interacción muy fuerte con la ESIME; en Matemáticas también es muy intensa. Lo mismo sucede en Biotecnología.

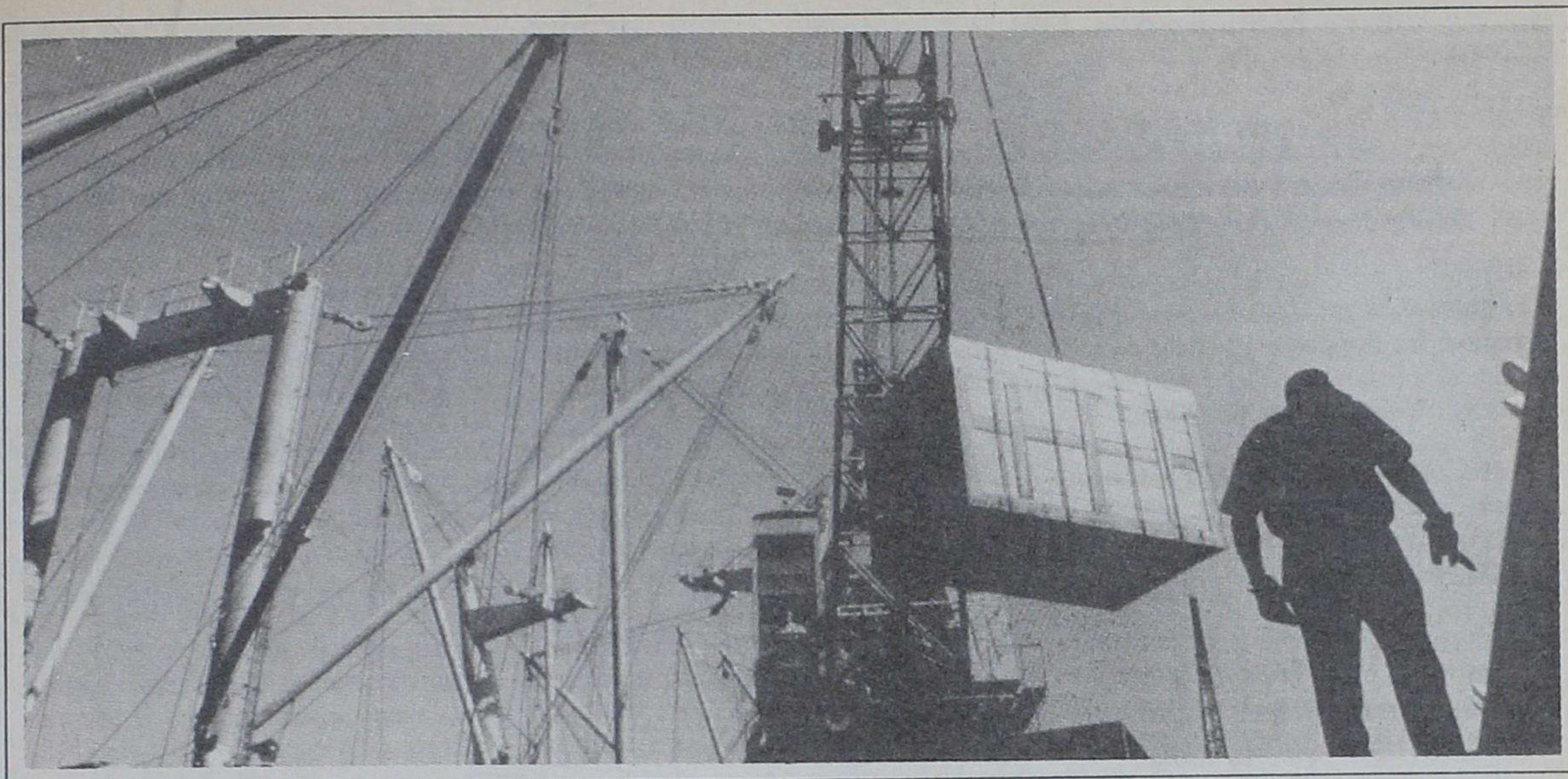
Es decir, la relación con el IPN es mucho más intensa y fértil de lo que se piensa. Siento entonces que debemos reforzar ese tipo de actividades. ¿Cómo?, a través de acciones donde exista el apoyo económico. Por ejemplo, los años sabáticos de los profesores que estén en el IPN o en el CINVESTAV y encuentren el par acá, o allá, deben ser favorecidos económicamente; que si alguien desea dirigir tesis de licenciatura o de posgrado, pueda venir acá o ir allá y se arme un proyecto que tenga apoyo económico, ¿verdad? Esa es la forma de reforzarlo, porque se puede dar naturalmente, pero si hay dinero... yo creo que es un catalizador. No es que me esté metalizando, pero el dinero ayuda mucho.

Hay otro tipo de actividades en las que me parece que podemos cooperar mucho con el Politécnico, y es colaborar en la escritura de buenos libros de texto. Simplemente el número de estudiantes en este momento en las Vocacionales es de 60,000. ¿Y el de las escuelas profesionales? Bueno, pues he ahí un mercado potencial enorme para el propio personal del Poli y para nosotros.

Formación de grupos de investigación

AyP: Pero dentro de los sistemas de evaluación académica los libros de texto no valen...

FSS: Tenemos que cambiar. Les voy a contar mi experiencia personal en relación a la evaluación. Yo no me puedo quejar, estoy evaluado dentro de los cá-



nones más altos en el SNI. Pero si hace 25 años yo me encuentro un sistema como el actual, mi carrera hubiera sido totalmente diferente porque hubiera tenido que mantenerme en una línea. Esto es algo que funciona muy bien para el sistema norteamericano o europeo; te conviertes en el especialista en esa área y de esa manera te invitan de afuera, eres conocido, vas a ser citado muchas veces, llegarán los premios y tu pedestal va a tener cada vez un tabique más. Así se destaca. Pero en este momento el país necesita alternativas. No niego que necesitamos especialistas. Pero también requerimos versatilidad. Si alguien realmente quiere formar gente que trascienda, no debe orillarla a una sola técnica. Si ese profesor formara a sus alumnos en la técnica X y todos quedaran atrás de esa técnica X, ¿cuándo podrían separarse? Eso tarda años. Se ha observado que en los Estados Unidos el 50% de los doctores no publican su segundo trabajo después de su tesis y sólo el 10%, diez años después, están trabajando en algo que no tiene nada que ver con aquella área en la que hicieron su doctorado. Así que no creo que hubiera sido algo positivo el que nos hubiéramos mantenido en una sola técnica. Nosotros hemos tocado 30 técnicas experimentales, y dentro de la gente que hemos formado, hay quienes atienden áreas complementarias.

Sin embargo, evidentemente, este tipo de camino no conduce a los premios. Ser reconocido está bien, no tengo nada contra eso, pero dentro del contexto de desarrollo de grupos, de ir y formar

gente en Campeche, en Tabasco, en Quintana Roo, ¿nos es útil?

AyP: Existe una gran dificultad para cambiar de área de investigación.

FSS: Eso no es trivial. Era yo muy chico cuando escuché que a Ted Williams, de los Medias Rojas de Boston, y el mejor jugador del momento, le pagaban 100 mil dólares. Y sólo muy recientemente, cuando me dieron la Guggenheim y estuve en los Estados Unidos en un laboratorio industrial, me enteré que había un investigador en un laboratorio industrial en Exxon, Morrell Cohen, que ganaba 100 mil dólares por año. Tuvieron que pasar muchísimos años para que yo escuchase que a un científico le pagaran 100 mil dólares por año.

Iba yo con frecuencia a esos laboratorios, así que un día lo busqué y le dije: "Oye, la última vez —él vino a impartir un seminario en México— que fuiste allá, nos hablaste de Biofísica. Tu cultura general en Física es muy amplia, y hoy que te veo aquí, encuentro que volviste a aquello en lo que todos te hemos visto actuar". Morrell estudió procesos genéticos en biología, sacó películas, hizo una biofísica muy interesante.

Entonces me dijo: "Sabes, Feliciano, no es fácil, mi número de publicaciones bajó tremendamente; lo que yo podía poner en el Physical

Review bajó en forma sensible. Este sistema no te permite esos devaneos, ir con uno y con otro y luego otro más”.

Tal vez dentro de los Estados Unidos está muy bien, tienen tanta gente que lo que necesitan es un superespecialista en tal cosa y en tal otra. Pero si en México formamos 20 muchachos en la misma línea, ¿será que eso es bueno?

Si yo hubiera tomado una técnica experimental, por ejemplo, efecto Raman, y me hubiera mantenido en la línea siempre, o fotoreflexancia, y hubiera seguido explotándola, quizá hubiera destacado en lo personal, pero no hubiera servido de mucho al país. Hoy, necesitamos trascender, salir, formar pluralmente a la gente, es decir, que haya muchos investigadores en diferentes técnicas.

Perspectivas del CINVESTAV

AyP: Este 1991 el CINVESTAV cumple 30 años, una edad que se supone es ya la edad adulta. ¿Cuáles considera que son nuestras perspectivas?

FSS: Siento que hay áreas bastante maduras, que necesitan ser observadas, conservadas, a las que debe apoyárseles y saben lo que hacen. Esas son áreas sólidas, no hay vuelta de hoja. Sólo necesitan un apoyo sostenido.

Hay otras áreas que yo consideraría de seguridad institucional, donde el mercado es muy competitivo, por ejemplo computación. Esta es una de las demandas del sindicato; ellos desean entrenamiento para las secretarías, para los técnicos. Ciertamente, son áreas que debemos considerar casi como de educación continua. Son áreas que representan punto de enlace entre todos los departamentos.

Me parece que deben crearse programas interdepartamentales. Pienso en lo que está haciendo Pablo Rudomín ahora en fluorescencia del sistema nervioso, pasado a través de unos CCDs, en donde realiza todo un procesamiento de imágenes que desemboca en el campo de la informática.

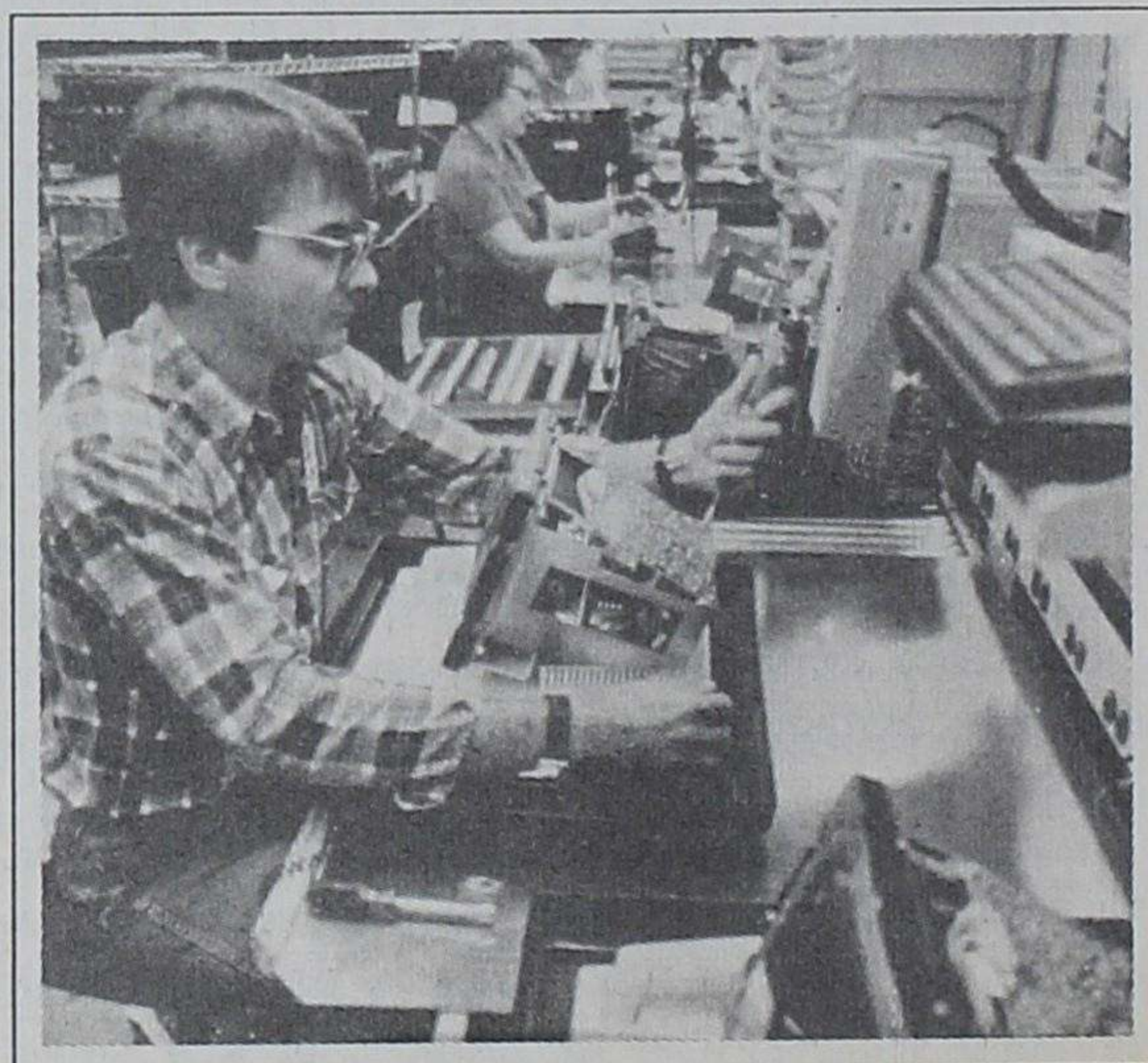
Puede tratarse de un proyecto *per se* y, a través de un programa interdepartamental, casi prácti-

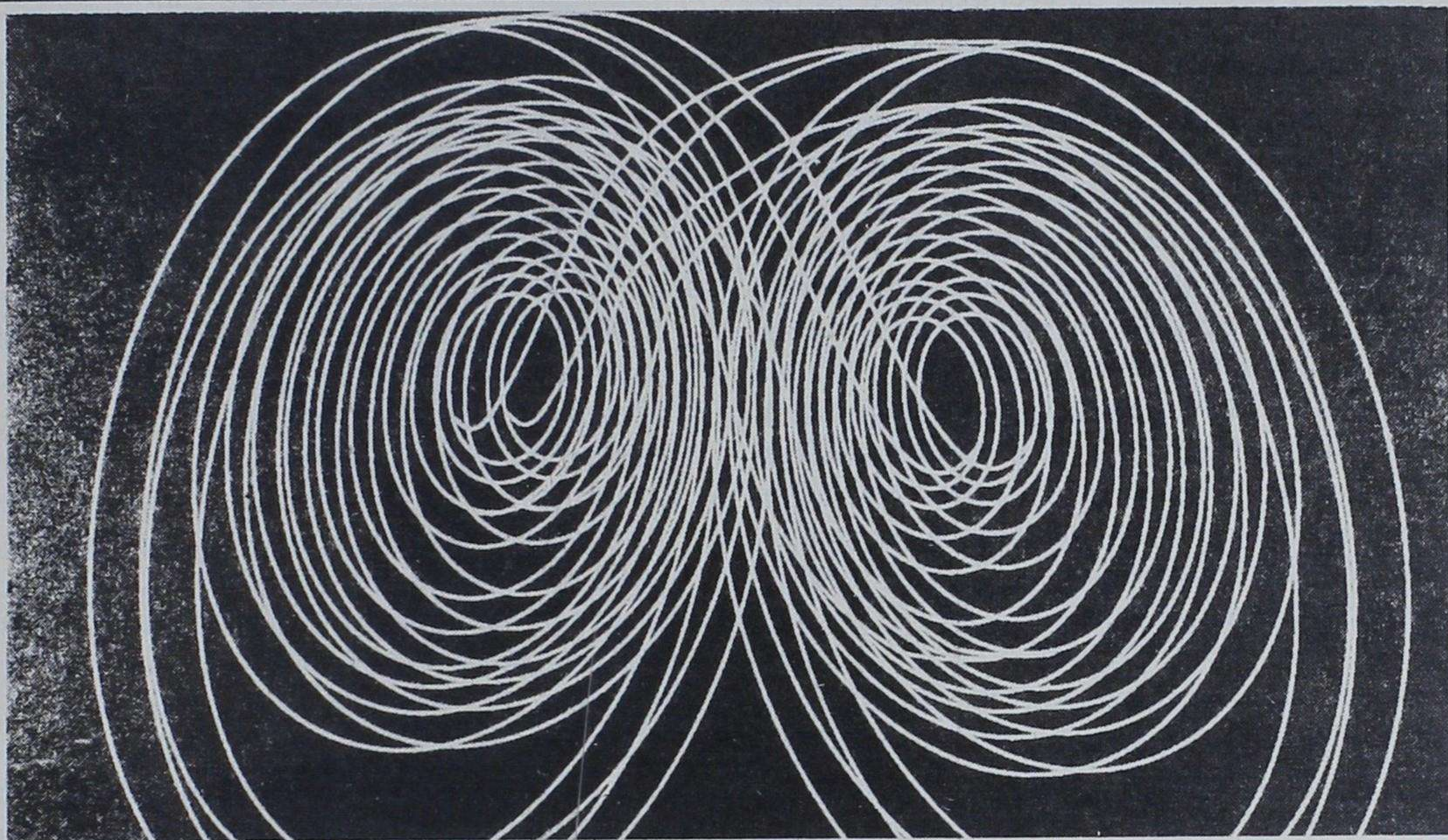
camente punto de enlace con muchos departamentos. Esto mismo sucedía en la Universidad de Princeton, en el Programa de Estado Sólido; se llevaba a cabo con personal del Departamento de Física, de Ingeniería Eléctrica y de Ingeniería Mecánica. Creo que dentro del panorama de estos treinta años habrá cosas de este tipo.

Hay también otras áreas que tienen que ver con el sector productivo. Siento que será algo en lo que el CINVESTAV está llamado a ocupar un lugar importante. Estoy convencido de que tenemos ya la madurez suficiente para que este vínculo represente una oportunidad para los jóvenes doctores que aquí formamos y para los investigadores ya formados que quieran hacer una aplicación de la ciencia. Esto debe darse en los sitios apropiados, y esos son los laboratorios industriales.

Creo que podemos participar intensamente en la estructuración de lo que pueden ser los laboratorios industriales, que nos hagan cerrar esta década, este ciclo, en una forma natural.

Esto no significa que tengamos que perturbar nuestro sistema de formación de recursos humanos ni abandonar lo que sabemos hacer. Pero es muy importante detectar las necesidades nacionales con objeto de optimizar nuestra formación de investigadores, de encontrarnos con la industria en esos sitios apropiados, sin descuidar nuestra herencia cultural y científica. No digo que sea la única forma, pero eso es algo que vale la pena intentar.



*Perspectivas de las ciencias exactas en México***Las perspectivas de las matemáticas**

Versión artística del atractor de Lorenz.

Luis G. Gorostiza**Introducción**

El editor de esta revista me invitó a escribir un artículo sobre las perspectivas de las matemáticas en la década de los noventa. Le dije que eso era demasiado ambicioso para mí y que podría hacer algo más modesto, y quizás más útil, como escribir sobre las perspectivas de las matemáticas en México. Pensé que podría hacer esto porque la obligación de pertenecer a la Comisión Dictaminadora de Ciencias Físico-Matemáticas del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), desde 1988, me ha dado la oportunidad de observar el desarrollo actual y los

problemas de la investigación matemática en nuestro país.

Debo advertir al lector que lo expresado aquí son mis opiniones personales y que éstas están condicionadas por mi percepción de la diferencia entre los científicos y los matemáticos, particularmente en México. No se trata de puntos de vista filosóficos sobre las matemáticas y las ciencias (a los que no soy ajeno, pero no vienen al caso) sino de consideraciones prácticas aprendidas de la realidad, las cuales explicaré brevemente. Lo creo necesario porque, como veremos, las perspectivas de las matemáticas en México tienen relación con la diferencia entre los científicos y los matemáticos.

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, EUA. Su área de investigación es la probabilidad y los procesos estocásticos.

La cuestión básica es si los matemáticos somos científicos o no. Los matemáticos no tratamos de explicar los secretos de la naturaleza, no em-

pleamos los llamados métodos científicos y no utilizamos el "Science Citation Index", lo cual nos hace sospechosos de no ser científicos. Pero generalmente se nos considera como científicos porque trabajamos en los mismos lugares que ellos y también escribimos garabatos raros. Por otra parte, es común que se hable de las ciencias y las matemáticas como entidades diferentes. Como bien sabemos, en los países como el nuestro la sociedad en general tiene un desconocimiento casi absoluto de lo que son las ciencias y su papel en el progreso. Las matemáticas no sólo sufren igual suerte, sino que tampoco son bien comprendidas en el ámbito de los científicos. Paradójicamente, todo mundo opina que las matemáticas son muy importantes pero casi nadie, fuera de los matemáticos, sabe qué es y por qué se hace la investigación matemática. Esta situación no es privativa de los países subdesarrollados; ocurre inclusive en los países más avanzados, pero en ellos es menos importante porque hay comunidades matemáticas más fuertes y mayor madurez académica.

Cuando me incorporé a esta institución en 1972, después de terminar mis estudios de doctorado en el extranjero, estaba seguro de ser un científico, pero hasta entonces había pensado poco en estas cosas y mi trato con científicos había sido escaso. Con en el inicio de la era de las evaluaciones en México, al principio de los ochentas, una comisión de científicos (biólogos, físicos y químicos) empezó a hacer preguntas sobre el desempeño de los profesores. Estas preguntas correspondían a criterios de tipo cuantitativo y a mí me parecían muy raras porque no se relacionaban con la substancia ni la calidad (buena o mala) de mi trabajo. Era como si se le preguntase a un jugador de ajedrez cuántos goles había anotado, o a un poeta cuántos premios de periodismo había ganado. Entonces llegué con pesar a la conclusión de que no era un científico porque mis intereses tenían poco que ver con lo que les preocupa a ellos. Otros matemáticos a los que les conté estas inquietudes tampoco se consideran científicos en el sentido de los criterios de evaluación cuantitativos empleados en México. Unos años después, en una conversación entre matemáticos, alguien dijo que los verdaderos científicos somos los que reflexionamos larga y profundamente sin preocuparnos por el número de artículos que publiquemos o cuántas veces nos citen. Esta observación me hizo dudar de mi conclusión ante-

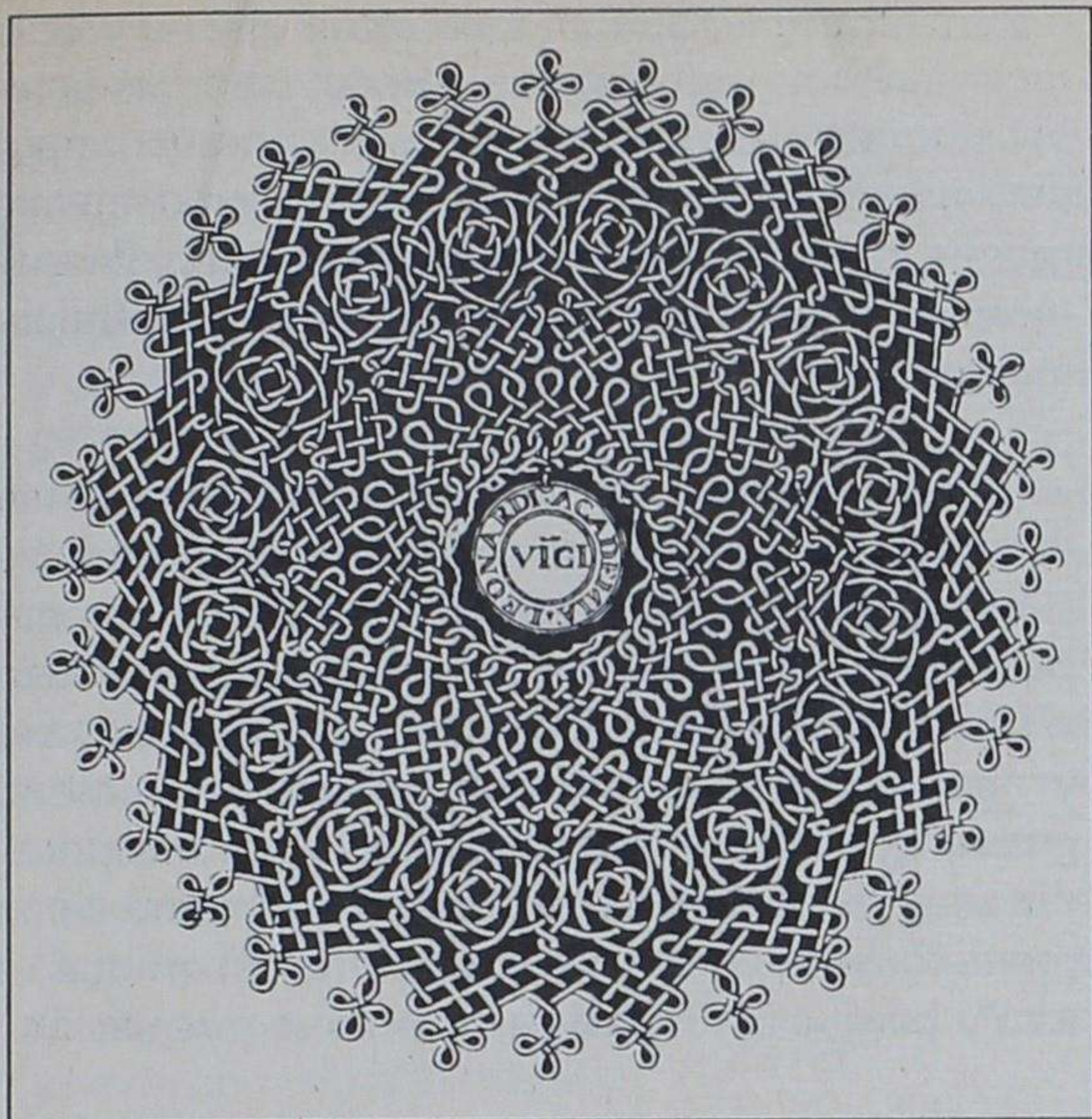
rior y ahora ya no sé si soy un científico o no. Por otra parte, también existen científicos a los que les interesa más pensar y descubrir hechos importantes que publicar artículos y contar citas. Debido a estas enseñanzas, no estoy enteramente convencido de que sea correcto distinguir a los científicos y a los matemáticos como clases ajenas pero, dadas las diferencias de objetivos, intereses y formas de trabajo, creo que pragmáticamente no queda más que aceptar esta separación. Así pues, aunque con una pequeña renuencia, considero a los científicos y a los matemáticos como grupos distintos.

Hablar de las perspectivas de las matemáticas en México implica discutir lo que afecta positiva o negativamente su desarrollo. Lo más positivo y alentador es la presencia de matemáticos que están haciendo investigación de muy alta calidad, entre los cuales hay varios jóvenes que tienen un futuro promisorio. Lo más negativo es el abandono en el que el gobierno mexicano tiene a las instituciones públicas de educación superior e investigación, que son las únicas donde se cultivan seriamente las matemáticas en el país. Un factor muy importante es la evaluación de la investigación matemática que se hace en el SNI y las comisiones dictaminadoras de las instituciones, usualmente con criterios ideados por científicos. La evaluación tiene consecuencias positivas y negativas en el desarrollo de las matemáticas en México. Son negativas las deficiencias en la enseñanza de las matemáticas, la escasez de lugares de trabajo fuera de las instituciones públicas de la ciudad de México, la poca demanda de matemáticos por parte del gobierno y las empresas privadas, y la casi nula interacción de los matemáticos con los científicos. Intentaré discutir estos puntos.

La investigación matemática actual

El talento matemático puede existir en cualquier parte. Inclusive en una conocida institución pública casi petrificada por la burocracia, y por lo tanto poco propicia para el trabajo académico, hay algún matemático que hace buena investigación.

Gracias a la existencia de talento y a que hubo una época, ya lejana, en que el gobierno comenzó a estimular la investigación, se consolidaron parcialmente algunas instituciones matemáticas. Las principales son el Departamento de Matemáti-



Diseño de nudo creado por Leonardo da Vinci.

cas del CINVESTAV, el Instituto de Matemáticas y el IIMAS de la UNAM, el Departamento de Matemáticas de la UAM-I y el CIMAT (Guanajuato). En estas instituciones se concentra la mayoría de la investigación matemática que se hace en México, y entre ellas están repartidos varios grupos de investigación. (Llamo grupo de investigación matemática no a un equipo organizado con una distribución específica de actividades, que no los hay en este campo, sino a un conjunto de personas que se comunican regularmente sus investigaciones y en ocasiones hacen trabajos conjuntos.)

Hay algunos grupos de investigación matemática que, en mi opinión, son los más relevantes actualmente, por el número de sus miembros, la calidad de sus investigaciones, el tiempo que llevan trabajando y su labor de formación de nuevos investigadores. Estos son (sin detallar especialidades), en las matemáticas "básicas", los de álgebra, ecuaciones diferenciales parciales, probabilidad, sistemas dinámicos y topología, y en las matemáticas "aplicadas", los de análisis numérico y estadística. Estos grupos suelen tener componentes en el extranjero, en otras instituciones en la ciudad de México y en las universidades de los Estados. Dichos grupos han alcanzado un reconocimiento internacional significativo, y de hecho son más conocidos y apreciados en el extranjero que en México. Esto se debe en parte a aquello de que "nadie es profe-

ta en su tierra", pero también a que los matemáticos, amantes de la verdad y enemigos de la simulación, no seguimos la práctica nacional de que "lo importante no es poner el huevo sino cacarearlo" (hay algunas excepciones). Creo que estos mismos grupos son los que tendrán mayor actividad en los próximos años, debido a que ya cuentan con buenas bases y procuran mejorarse e incorporar nuevos elementos. En otras especialidades hay grupos más pequeños, o individuos sin grupo, que están descollando o madurando.

Concluyendo este punto, lo que considero más alentador para las perspectivas de las matemáticas en México es que tenemos investigadores productivos de alta calidad, jóvenes talentosos y trabajadores y grupos vigorosos. Lástima que esto no sea suficiente para asegurar un florecimiento sostenido.

El deterioro salarial

La situación salarial en las instituciones públicas de educación superior e investigación puede ser suficiente por sí sola para anular lo que con tantos esfuerzos se ha logrado en el desarrollo de la ciencia en México. Las tímidas medidas recientes del gobierno para subsanar el deterioro salarial que se viene sufriendo desde hace casi una década dan la impresión que la investigación podría sobrevivir, pero la falta de un apoyo prioritario a la educación superior y la investigación es la causa del estancamiento de las instituciones, la degradación en la calidad de la enseñanza y la "fuga de cerebros". Como sabemos muy bien los investigadores, este decaimiento tiene graves consecuencias a largo plazo, que es muy difícil revertir y que prácticamente dejan a nuestro país fuera de competencia en esta era de ciencia y tecnología en el mundo.

El Departamento de Matemáticas del CINVESTAV ha perdido en los últimos años a siete u ocho de sus mejores elementos (la mitad del Departamento) y no ha podido reponerlos con investigadores de categoría equivalente. Sólo ha sido posible contratar a matemáticos recién doctorados (gracias a que ya tenían resuelto su alojamiento), algunos de los cuales afortunadamente están resultando buenos investigadores. No se ha podido contratar a matemáticos mexicanos que están

trabajando en otros países, sobre todo en los Estados Unidos, porque, aunque estuvieran dispuestos a dejar sus altos salarios para venir aquí, no les alcanzarían sus ingresos para rentar un apartamento modesto o comprar un coche viejo. En algunos casos hay también otras razones. Varios de ellos no aceptarían vivir en la ciudad de México por el deterioro ambiental. Algunos ya tienen "tenure" en universidades de prestigio debido a la calidad de su trabajo, aunque son aún jóvenes, y aquí las comisiones dictaminadoras del CINVESTAV y del SNI les darían categorías bajas porque no tienen muchos artículos y citas. En otras instituciones matemáticas del país la situación es semejante.

El problema salarial también tiene por consecuencia una disminución en el número de estudiantes que quieren dedicarse a la investigación

matemática. Piensan con toda razón que no vale la pena hacer un esfuerzo tan grande, como es obtener un doctorado en matemáticas, si no van a poder vivir decorosamente. Esto es muy preocupante porque los grupos de investigación pueden desaparecer en pocos años si no se renuevan constantemente.

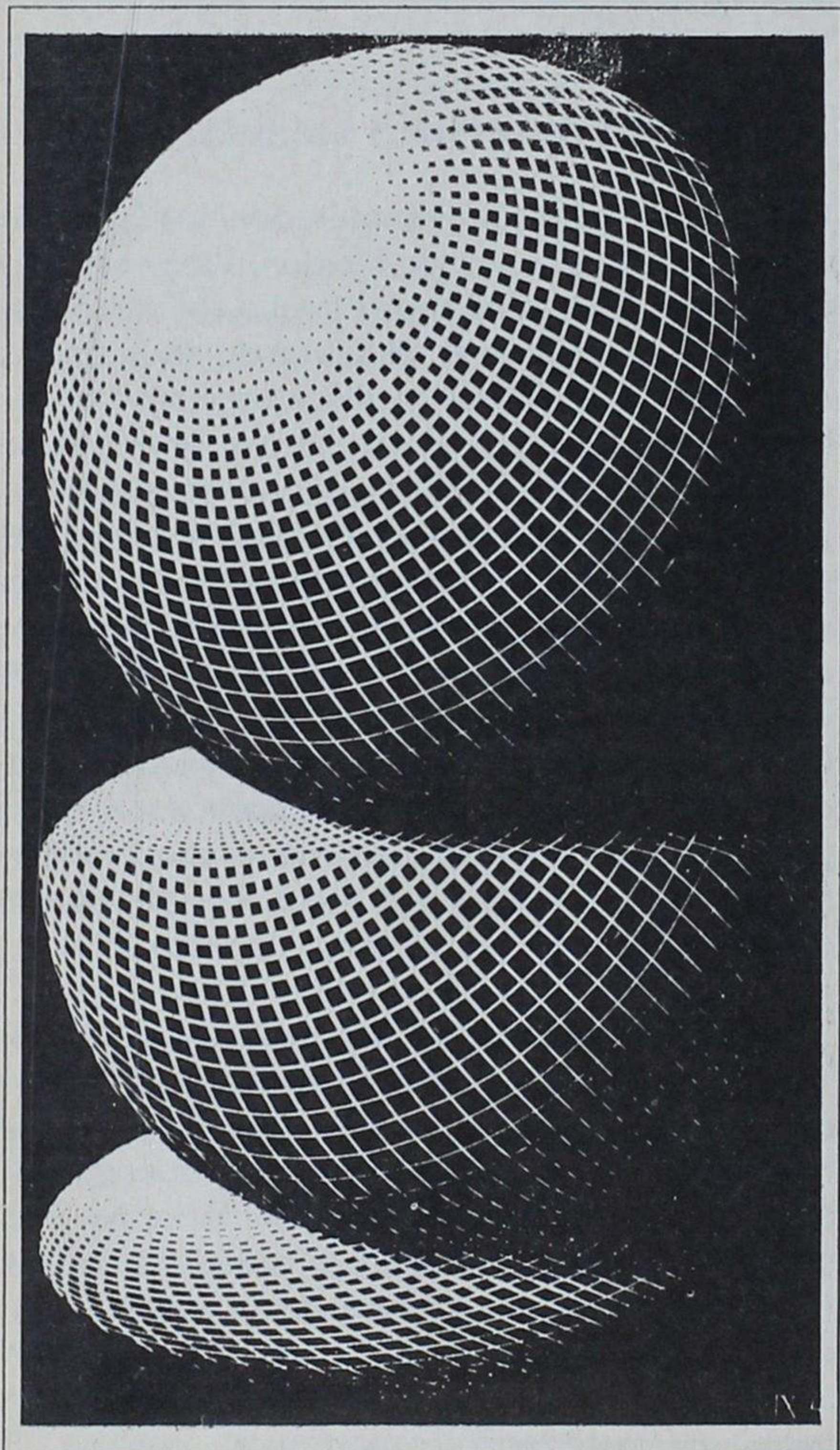
Este estado de decaimiento no tendrá remedio mientras el gobierno no considere a la educación superior y a la investigación como prioritarias para el progreso del país, y no haga un verdadero esfuerzo para mejorar los salarios de los profesores y apoyar a las instituciones públicas. Es ilusorio pensar que las universidades o las empresas privadas mexicanas vayan a substituir al gobierno como promotoras de la ciencia, porque no saben qué es esto y porque sus objetivos tienen otra orientación.

Los que tuvimos la fortuna de hacer estudios de doctorado en ciencias o en matemáticas, aprendimos y entendemos muy bien que no es posible modernizar a un país subdesarrollado sin formar a un gran número de profesionistas, investigadores y técnicos altamente calificados, y que esto no se puede lograr sin hacer cuantiosas inversiones en educación superior e investigación. Yo creía que también aprenderían esto los que hacen estudios de doctorado en los temas favoritos de la tecnocracia, pero parece que no es así. A estas alturas del presente gobierno, todo parece indicar que no habrá un cambio importante de actitud hacia la educación superior y la investigación, y por lo tanto la "modernización" del país no será más que la simulación o la fantasía de este sexenio.

Así pues, creo que la circunstancia más desfavorable para el desarrollo de las matemáticas en México, el deterioro salarial, es la que tiene menores probabilidades de mejorar. Ojalá me equivoque.

La evaluación de la investigación matemática

La evaluación de la investigación matemática juega un papel preponderante en las perspectivas de las matemáticas en México, con efectos positivos y negativos. Veamos primero lo que considero positivo.



Grabado de M.C. Escher (1898-1972)

Desde hace muchos años hemos tenido en México matemáticos excelentes y productivos, que se han dedicado a la investigación respondiendo a sus propias inquietudes. Pero hasta hace poco no existían razones externas que impulsaran a los matemáticos a hacer investigación. Para ser apreciado y promovido bastaba con ser un matemático inteligente, o actuar como tal. Esto propiciaba que algunos matemáticos no hicieran nada con el pretexto de estar pensando en problemas muy profundos, y que aun matemáticos muy talentosos no investigaran. Algunos no perdían el tiempo, sino que lo empleaban en otras actividades que consideraban importantes. Estos patrones de conducta se han transmitido a los estudiantes y aún perduran sus malos efectos. La evaluación ha logrado que varios de estos matemáticos se activen, o se reactiven, como investigadores, y en términos generales esto me parece un resultado positivo.

Desafortunadamente, los criterios principales empleados en las evaluaciones, que han sido ideados por científicos, son inadecuados para juzgar la investigación matemática y pueden tener efectos nocivos. Intentaré explicar porqué. No discutiré en qué consiste la investigación matemática ni cómo difiere de la investigación científica; indicaré solamente algunas peculiaridades del trabajo de los matemáticos que hacen que estos criterios resulten impropios.

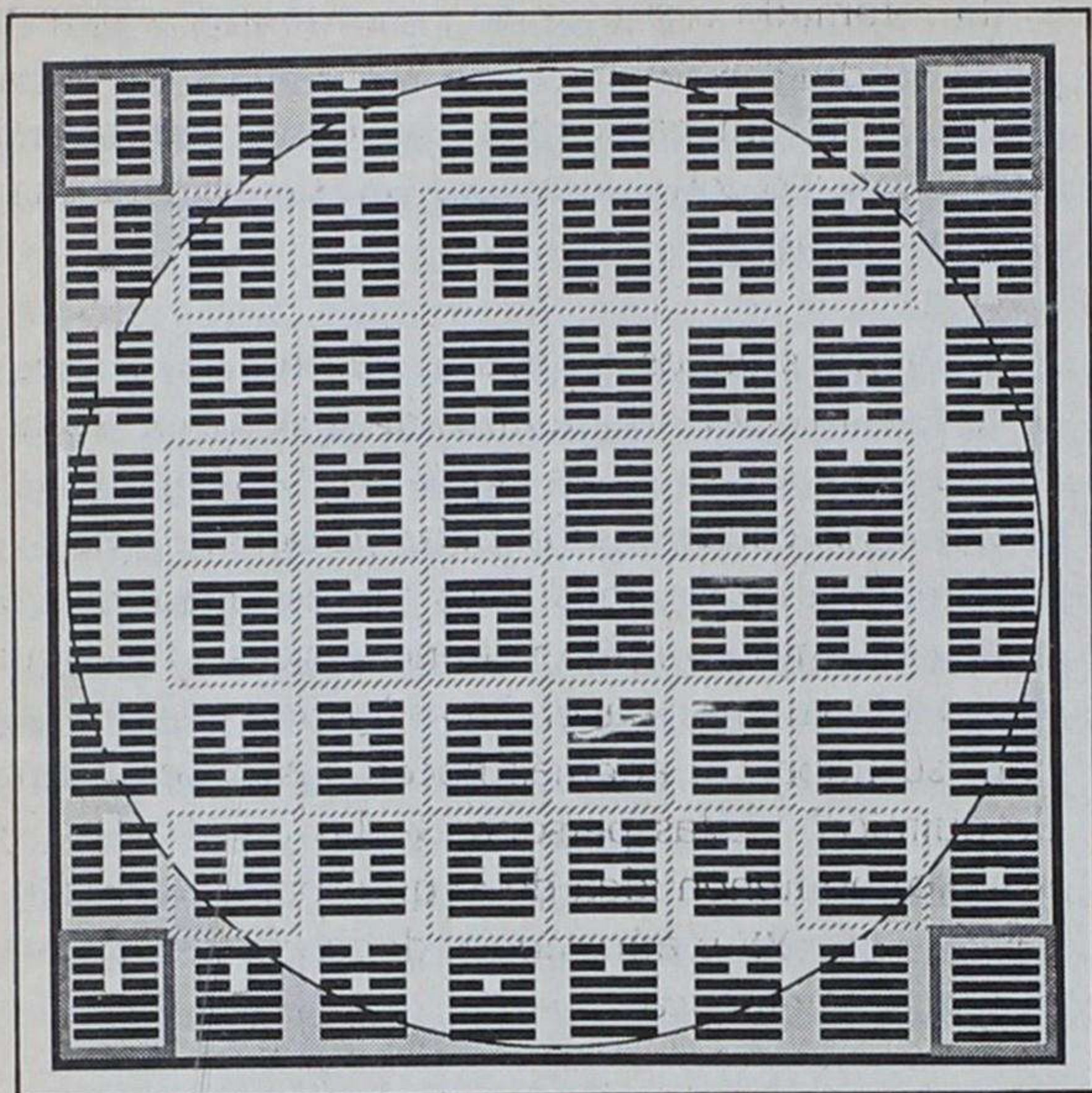
Primero conviene comprender porqué los criterios de evaluación son como son, especialmente porqué son cuantitativos. La causa fundamental es por supuesto el aberrante concepto utilitario de la ciencia que tiene la tecnocracia gobernante, pero me interesa más señalar las causas concretas, que yo creo que son las siguientes. El esquema general proviene de funcionarios de la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), interesados en el uso óptimo de recursos financieros pero no en la calidad académica. Hay que evaluar muchos casos, en disciplinas muy diversas y en poco tiempo, lo cual dificulta la valoración a fondo centrada en la calidad; los criterios cuantitativos dan una forma simple y expedita de calificar. Los criterios han sido formulados principalmente por biólogos, físicos y químicos, debido a que sus campos son los que más peso tienen en México; en dichos campos esta clase de criterios parecen ser aceptados. En algunos casos los científicos que han inventado los criterios

se han tomado a sí mismos como modelos para fijar los números mínimos de las categorías superiores, y de ahí para abajo; y además consideran que esto es lo correcto no sólo en sus propios campos sino en todos.

Algunos de los científicos que han participado en la formulación de criterios de evaluación sostienen opiniones como las siguientes, a propósito de lo que ellos consideran el pobre desempeño de los matemáticos mexicanos: "los buenos matemáticos publican tanto como los buenos físicos", "los químicos tienen que hacer investigación matemática para su trabajo y además hacen sus experimentos de química". Estas personas (a las que conozco y respeto) no tienen idea de lo que son las matemáticas del siglo XX y aún menos de lo que es la investigación matemática.

Los dos aspectos que muestran mayores divergencias cuantitativas entre la investigación matemática y la investigación científica son los artículos y las citas. Una causa de ello son las diferencias entre los objetivos de la investigación, pero en este artículo es más importante señalar las siguientes cuestiones prácticas.

En las matemáticas las "escalas de tiempo" son bastante más lentas que en las ciencias. Un buen artículo de investigación matemática requiere por lo general de uno a dos años de trabajo (y no se pueden hacer muchos artículos así simultáneamente). Si el artículo se manda a una revista de alta calidad, ésta lo envía a uno o dos árbitros muy rigurosos, que por lo común se tardan un año o más en dictaminar. Si el artículo se acepta, lo que dista mucho de ser fácil, generalmente se le piden al autor cambios o aclaraciones y la publicación se puede retrasar unos meses más. A veces, cuando llegan las galeras ya han pasado varios años y uno tiene dificultades para entender su propio artículo. Para que el trabajo empiece a ser citado, si lo es, pueden pasar varios años más. Esto contribuye a que los matemáticos en general no publiquen muchos artículos. Los hay que por los temas en los que trabajan, sus intereses específicos o su personalidad, publican más que lo normal; pero cuando esto ocurre, la reacción del medio matemático es de suspicacia: se sospecha que los artículos pueden ser "refritos", variantes de trabajos anteriores o fracciones de artículos más amplios. Puede suceder



Hexagrama del *I Ching*, oráculo de los cambios (ca. S. VIII a.c.).

que un matemático participe en los inicios de un tema nuevo que dé lugar a muchos artículos, pero esto es poco común. El criterio más aceptado en la investigación matemática es que lo importante es la calidad y no el número de publicaciones, y no se considera que haya una correlación entre calidad y número (si la hay, suele ser negativa). Con los criterios cuantitativos que se están empleando en México para evaluar la producción de investigación, varios de los matemáticos más grandes de la historia serían considerados como científicos deficientes.

Considerando lo anterior, piénsese en qué situación se encuentra un pobre recién doctorado en matemáticas cuya primera publicación va a ser su tesis, si es que se acepta publicarla. A este respecto conviene mencionar que en México generalmente se ha adoptado el modelo de las tesis de doctorado en los Estados Unidos; esto es, se termina la tesis, luego se prepara de forma más adecuada para enviarla a publicación, y antes de la tesis no se publica nada. En mi opinión, para ayudar a los estudiantes de doctorado en matemáticas en México a comenzar en mejores condiciones, es más conveniente seguir el modelo francés; es decir, se proponen al estudiante varias investigaciones distintas (pero relacionadas), se preparan directamente para publicación y se envían conforme se van terminando; la tesis será el conjunto de estos trabajos (con una introducción general), y así el recién

doctorado tardará menos tiempo en tener publicaciones.

En las citas las diferencias cuantitativas entre las matemáticas y las ciencias son mayores aún. En los artículos matemáticos las bibliografías tienden a ser más reducidas que en las ciencias y a incluir solamente las últimas fuentes. Así, un artículo que demuestra un resultado importante puede ser citado durante algunos años y luego deja de citarse porque ya hay trabajos más recientes que lo contienen o lo han mejorado; hay también resultados que al volverse muy conocidos se citan sin dar referencias. Además, por lo explicado arriba, las citas en matemáticas tardan más en aparecer. Un amigo físico me dio una copia de un artículo donde se comparan las citas en matemáticas con las de otros campos. Se trata de "Journal of Citation Studies 36. Pure and Applied Mathematics Journals: What They Cite and Viceversa", por E. Garfield, publicado en "Current Contents", Número 15, (1982), pp. 5-13. Ahí se presentan algunos datos interesantes, como los siguientes. En 1980, el número de artículos aparecidos en las revistas matemáticas que incluye el "Science Citation Index" correspondió al 2% del total de artículos que cubrió dicha publicación. El número de citas en los artículos matemáticos representó el 1.1% del total en todos los campos. El número de citas a los artículos matemáticos fue el 0.7% del total. En matemáticas el número promedio de referencias por artículo es aproximadamente la mitad que en todos los campos y la tercera parte que en bioquímica. En bioquímica se citan muchos artículos que tienen dos años o menos de haber aparecido, mientras que en matemáticas se tiende más a citar artículos que tienen tres o cuatro años. Estos datos muestran con claridad lo erróneo que es aplicar los mismos criterios cuantitativos para las citas en las matemáticas y en las ciencias. Por otra parte, en algunas ciencias, como la astronomía, parece ser común contar auto-citas, lo que sería sumamente extraño en las matemáticas.

El CINVESTAV tiene una lista de "criterios cualitativos" para la promoción del personal académico. El primero de ellos (que es claramente cuantitativo) dice: "Citas en artículos de investigación. Tener el promedio internacional para la especialidad por artículo publicado. El último dato que se tiene para las ciencias exactas y naturales es

de 4 citas por artículo (ver E. Garfield, *Current Contents* (16) p. 3, abril 21, 1986)." La información estadística es importante pero hay que entender su significado. La información que da un promedio es una idea general de un valor típico de una colección de datos, tanto más burda e irrelevante cuanto mayor es la dispersión de los datos. En el promedio de 4 citas por artículo se agrupa a todas las ciencias exactas y naturales, entre las que hay grandes diferencias en las costumbres de citas. Esto no sólo da una dispersión grande sino que hace muy dudoso el valor informativo de este promedio. El que haya científicos dispuestos a emplear esta clase de promedios para calificar me parece casi increíble inclusive en un país atrasado. Si este desconocimiento de lo que significa un promedio es un signo representativo del estado de la ciencia en México, creo que estamos en una situación más aterradora que la impuesta por la falta de apoyo gubernamental.

No niego la importancia de las citas, pero considero que lo importante de ellas en las matemáticas es qué dicen y no cuántas son. Por ejemplo, alguien que trabaja en física-matemática puede encontrar un método de cálculo que es aplicable a muchos problemas semejantes, de lo que resultan numerosos artículos y citas. Por otro lado, alguien que trabaja en problemas muy particulares de matemáticas aplicadas, que requieren buscar pacientemente una técnica especial para cada uno, puede recibir pocas citas porque sólo se refieren a sus trabajos los pocos investigadores que se interesan precisamente en los mismos problemas. ¿Cuál de estos dos matemáticos es mejor? Esto no se puede juzgar contando artículos y citas.

Una muestra palpable de la diferencia del papel que juegan las citas en las ciencias y en las matemáticas es que el "Science Citation Index", considerado fundamental por los científicos, es casi desconocido entre los matemáticos. Conozco a algunos de los matemáticos más notables del presente, que trabajan en los Estados Unidos, país de origen de esta publicación, que nunca han oído hablar de ella. Creo que la razón general de esto es que debido a lo especializado de la investigación y a que no hay muchos matemáticos en el mundo, son pocas las personas que trabajan en los mismos problemas que a uno le interesan, y es relativamente fácil saber quiénes son y conseguir sus artí-

culos, inclusive antes de que aparezcan. Muchas veces los mismos autores mandan sus preimpresos. Como estas personas son las que lo podrían citar a uno, no es necesario buscar mucho para enterarse de las citas a sus trabajos. Sabiendo de la importancia del "Science Citation Index" para los científicos, busqué en él las citas a mis trabajos y encontré muy pocas que no conocía ya por otros medios. Fueron alrededor de 5%. Además, hubo varias que no encontré. Confirmé así la poca trascendencia de esta publicación en la investigación matemática (aunque pienso que puede ser útil para buscar bibliografía).

No obstante las observaciones anteriores, creo que es conveniente que los investigadores matemáticos en México nos acostumbremos a buscar y dar información de citas a las comisiones dictaminadoras. No estamos habituados a ello porque la mayoría de nosotros hicimos nuestros estudios de doctorado en países avanzados, donde aprendimos que el trabajo matemático es evaluado por matemáticos y con criterios cualitativos, no cuantitativos. Pero tenemos que aceptar que no estamos trabajando en esos países sino en México, donde la evaluación académica apenas comienza y todavía se encuentra en un estado primitivo que tiene repercusiones prácticas para nosotros. Por supuesto, debemos también pugnar porque haya criterios de evaluación apropiados para la investigación matemática. En mi opinión, las comisiones dictaminadoras ya empiezan a tomar en cuenta los puntos de vista de los matemáticos.

La evaluación de la investigación matemática con criterios cuantitativos tiene los siguientes efectos indeseables. Hay personas que se sienten calificadas injustamente, se desaniman y abandonan la investigación o se van a otra parte donde los aprecien mejor. Hay personas que para aumentar su puntuación fraccionan sus trabajos, escriben artículos mediocres o "refritos" para publicarlos en revistas de baja categoría, o hacen convenios de citas mutuas con otras personas (afortunadamente esto último sucede muy poco entre los matemáticos). Hay personas que, para poder escribir más artículos, se alejan de la docencia y de otras actividades que requieren esfuerzos adicionales, como la investigación interdisciplinaria y la interacción con científicos. Un problema con el que yo mismo me he visto enfrentado es éste: Si me dedico exclusiva-

mente a hacer una investigación sobre un tema muy difícil que me interesa, es posible que no tenga éxito, no tenga nada que publicar en varios años y en consecuencia me saquen del SNI; esto me obliga a no dejar de hacer también investigaciones que creo tener buenas probabilidades de terminar y publicar, ya que tengo responsabilidades económicas (por supuesto, procuro que estas investigaciones satisfagan mis propios criterios de calidad). Así, las consecuencias principales de los criterios cuantitativos son que promueven la mediocridad y la simulación en lugar de estimular la excelencia, y con ello se corre el riesgo de sobrevaluar a matemáticos poco serios y de menospreciar a matemáticos valiosos. Yo creo que estos efectos son muy negativos para el desarrollo de las matemáticas en México. Además creo que lo mismo sucede en las ciencias.

Otro tipo de evaluación que suele ser negativa para las matemáticas en México es el que se refiere a proyectos de investigación y otras actividades como organización de conferencias, viajes a congresos, invitaciones a profesores, etc. En ocasiones el CONACyT, la Secretaría de Educación Pública (SEP) y otras instituciones que apoyan estas acciones, para evaluar las solicitudes recurren a personas que saben poco de matemáticas y por lo tanto juzgan sin conocer. Esto se debe a funcionarios que creen que algunos conocidos suyos saben mucho de matemáticas, quizás porque alguna vez fueron estudiantes de matemáticas o algo tuvieron que ver con este campo, y piensan que esas personas están capacitadas para valorar. Resulta así que a veces las propuestas de los matemáticos más capaces en el país son juzgadas por personas que son poco competentes para hacer esta clase de evaluaciones. En el CONACyT esto ocurría con frecuencia en el pasado y desgraciadamente todavía sucede.

Los criterios de evaluación de la investigación matemática, y de la actividad matemática en general, son quizás lo que más fácilmente se podría mejorar en favor de las perspectivas de las matemáticas en México. En su forma cuantitativa actual, son una manifestación del subdesarrollo general del país, y en particular de la falta de madurez del medio académico.

Para finalizar este tema, debo recalcar que considero denigrante e insultante para los profes-

res que se les someta a tantas evaluaciones para darles estímulos económicos ridículos.

La enseñanza de las matemáticas

Es bien sabido que las deficiencias de la enseñanza de las matemáticas en México comienzan desde la educación elemental. Este es un tema muy amplio y complejo que no se puede discutir en pocas líneas. Sólo haré unos comentarios muy breves sobre las licenciaturas en matemáticas.

No puedo opinar sobre los programas de las licenciaturas en matemáticas que hay en México porque no los conozco bien, pero sí sé sus resultados por medio de los estudiantes que solicitan ingreso a la maestría en el Departamento de Matemáticas del CINVESTAV. Por lo general, es muy poco lo que saben y tienen una formación distorsionada; conocen conceptos abstractos pero no son capaces de reconocerlos o aplicarlos en los casos más sencillos. Creo que esto se debe a la autocomplacencia y la flojera que han dominado parte de la actividad matemática en el país, y a haber adoptado tendencias demasiado abstractas en la enseñanza. El fruto de ello son licenciados en matemáticas que no pueden hacer casi nada con sus conocimientos. En los últimos años la formación de los estudiantes que llegan de las licenciaturas ha ido en constante declinación. Esto es una consecuencia más de la falta de apoyo a la educación superior, y ha empeorado desde que el SNI da a los investigadores estímulos que promueven la investigación pero desestimulan la docencia.

Está por demás señalar el efecto perjudicial que esta situación tiene en las perspectivas de las matemáticas en el país.

Las posibilidades de trabajo matemático

Los principales centros de trabajo para los matemáticos en México son las instituciones públicas de educación superior e investigación en la ciudad de México. Como las perspectivas de mejoramiento en estas instituciones son sombrías, veamos qué alternativas hay.

Algunas universidades privadas han atraído a matemáticos porque ofrecen salarios muy superiores a los nuestros. Los dueños y las autoridades de esas universidades en el mejor de los casos han oído hablar de la ciencia, pero no tienen idea de lo que es la investigación. Esto es bien conocido y lo he constatado por medio de algunos de mis colegas que se han ido a esas universidades. Por lo tanto en ellas es muy difícil hacer investigación: no se da el tiempo necesario puesto que los profesores son contratados para cubrir horas de clase, no hay bibliotecas adecuadas y en general no existen los medios ni el ambiente propicio para esta actividad. Para que esta situación cambiara, se necesitaría que las autoridades de esas universidades comprendiesen la relación que hay entre la investigación y la enseñanza avanzada, como es el caso en las buenas universidades privadas de los Estados Unidos, pero es muy difícil que esto ocurra porque esas personas por lo general no han tenido ellas mismas una educación avanzada. Por otra parte, la investigación científica y la investigación matemática tradicionalmente se conciben como actividades dirigidas hacia el progreso intelectual y cultural de la humanidad y el bienestar general de la población. Pero estos conceptos han sido ajenos a los intereses primordiales de las universidades privadas en México hasta ahora. Así que es improbable que veamos un surgimiento de la investigación en dichas universidades, que las hicieran lugares de trabajo atractivos para los matemáticos mejor preparados.

En las universidades públicas de los Estados la situación es muy deprimente. Por una parte, se contrata a los profesores para dar clases solamente y las condiciones salariales son peores que en las instituciones públicas de la ciudad de México. Por otra parte, muchas de esas universidades están constantemente a merced de los vaivenes políticos locales, y es común que sus autoridades académicas no quieran contratar a profesores mejor preparados que ellas porque los ven como una posible amenaza para su predominio. No es extraño entonces que esas universidades ofrezcan muy pocas perspectivas para el desarrollo de las matemáticas en México.

Un caso excepcional fuera de la ciudad de México es el CIMAT, en Guanajuato, que depende de la Secretaría de Programación y Presupuesto

(SPP). Ahí se hacen dos tipos de actividades matemáticas: investigación avanzada en el sentido usual y proyectos de aplicación, como el que existe en relación con la industria del calzado. Sería deseable que más matemáticos emprendieran esa clase de aplicaciones, que son muy útiles. Además tienen la ventaja de que pueden ser entendidas por el tipo de autoridades que generalmente hay en la SPP y el CONACyT, que son también las que deciden qué clase de actividades matemáticas se deben apoyar. No es fácil, sin embargo, que un matemático que hizo un doctorado con el fin de dedicarse a la investigación, quiera ocuparse en actividades para las que no se necesita tener una formación de doctorado.

En otros sectores del Gobierno y en las empresas privadas podrían existir (en teoría) posibilidades de aplicaciones importantes de las matemáticas, como ocurre en los países avanzados. En dichos países muchos investigadores matemáticos asesoran o trabajan en relación con las telecomunicaciones, la industria eléctrica, la industria petrolera, la industria automotriz, los bancos, las aseguradoras, el control de la contaminación, etc. En México son muy escasas estas clases de aplicaciones. Ciertamente es que la mayoría de los matemáticos aquí no están preparados para hacer aplicaciones, pero si lo estuvieran, es poco probable que tuvieran oportunidades de hacerlas. No sé si con la "modernización" del país se van a abrir las posibilidades de trabajo de aplicación para los matemáticos, o si solamente se tratará de que haya más chácharas electrónicas.

En resumen, parece que en el futuro previsible las perspectivas de trabajo para los matemáticos en el país seguirán siendo principalmente las que existen en las instituciones públicas en la ciudad de México.

La interacción de los matemáticos y los científicos

Esta clase de interacción es difícil en general en cualquier país, debido a los intereses distintos de los científicos y los matemáticos y a las dificultades de comunicación que exigen grandes esfuerzos de unos y otros. En los países avanzados hay muchos

casos de interacción debido a que manejan un mayor grado de matematización en las ciencias y a las necesidades de su desarrollo tecnológico superior. En México ha habido muy pocos intentos de interacción porque no existen las condiciones anteriores. Creo que sería deseable que hubiera más interacción, ya que esto mejoraría las perspectivas tanto de las matemáticas como de las ciencias en nuestro país. El CINVESTAV es posiblemente la institución que ofrece las mejores posibilidades de interacción, por la cercanía de los distintos departamentos, pero casi todos los investigadores estamos metidos en nuestros cubículos o laboratorios ocupados en nuestras propias cosas y produciendo "puntos".

Uno de los problemas que se presentan al tratar de aplicar las matemáticas a las ciencias es que se corre el peligro de hacer cosas intrascendentes o equivocadas, por no tener los conocimientos necesarios de los temas de aplicación. Abundan los artículos de aplicaciones de las matemáticas a la biología que no valen la pena ni como matemáticas ni como biología. Para hacer trabajos conjuntos serios entre matemáticos y científicos se necesita un verdadero esfuerzo de aprendizaje para comprender lo que hace el otro. Conozco muy pocos casos en los que esto se ha hecho en México.

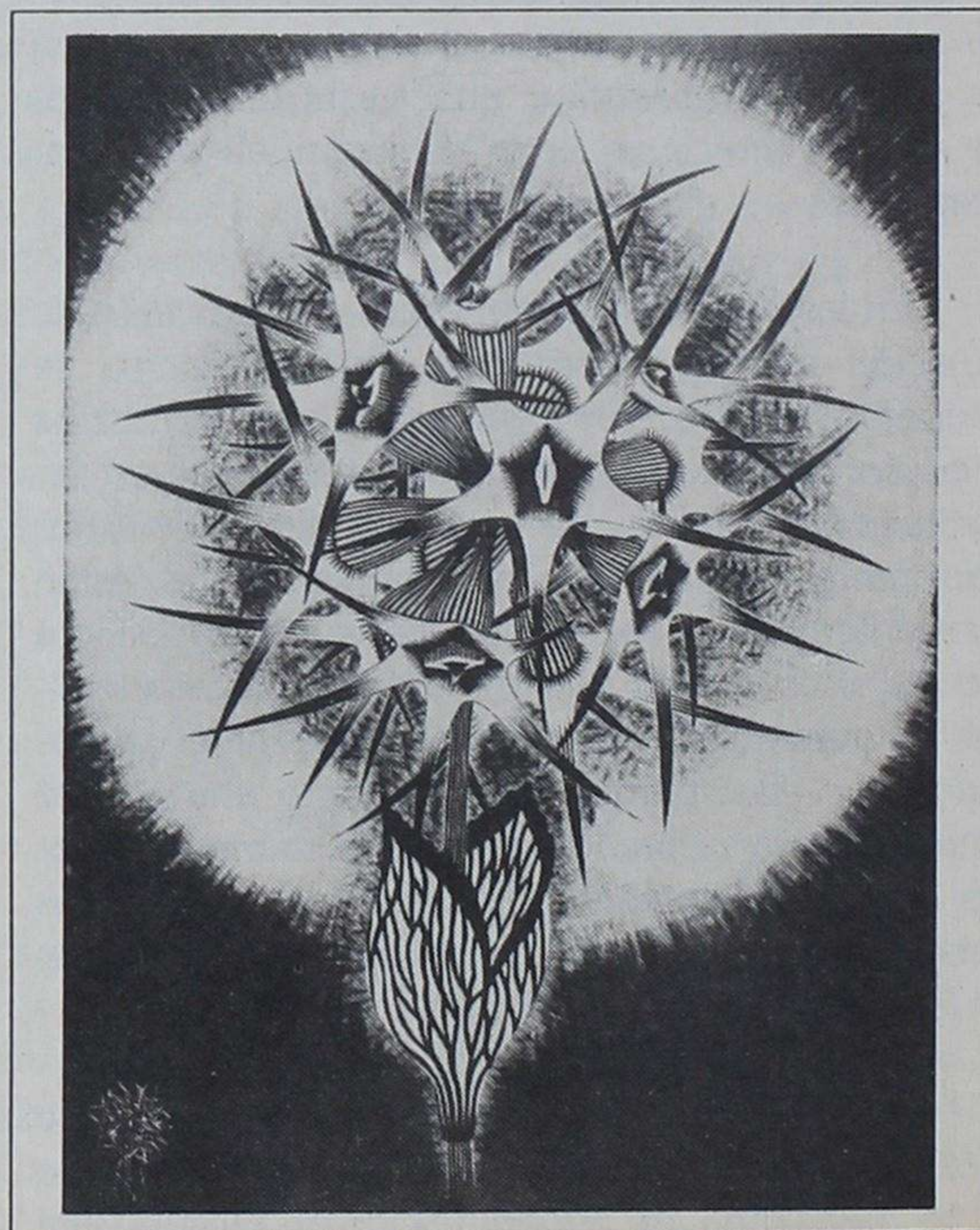
Quizás las posibilidades de aplicación más interesantes de las matemáticas modernas se encuentren en la física, pero son muy pocos los matemáticos dispuestos a aprender conceptos de física, así como los físicos que hacen el esfuerzo de comprender las abstracciones matemáticas. La mayoría de los físicos trabajan con matemáticas de hace varias décadas y no necesitan más, pero hay algunos campos de la física actual que están fuertemente ligados a los desarrollos recientes de las matemáticas (los requieren y los motivan). Ojalá que la interacción entre físicos y matemáticos aumente en los próximos años en México. Pero no es fácil que esto ocurra porque la presión de las evaluaciones cuantitativas tiende a inhibir esta clase de esfuerzos.

Conclusiones

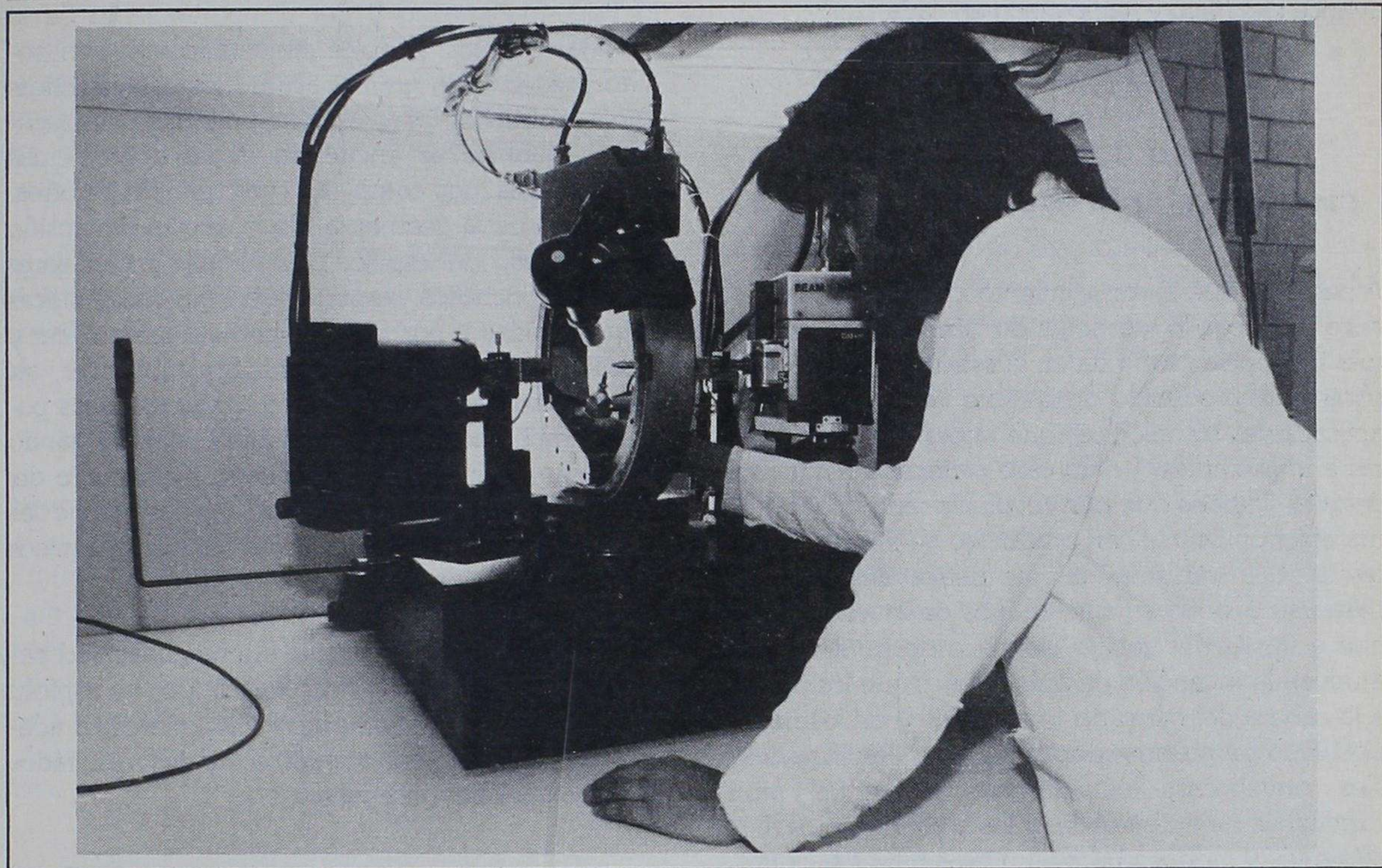
Alguien me dijo que no escribiera un artículo pesimista porque podría desanimar a los jóvenes que quieren estudiar matemáticas. No me gustaría de-

sanimar a nadie, pero creo que si persisten las condiciones actuales en la educación superior y la investigación en México, solamente deben dedicarse a las matemáticas quienes estén totalmente convencidos de que las aman y las gozan, tengan mucho talento y ganas de trabajar, no les preocupe recibir un salario mísero y no quieran hacer ninguna otra cosa.

Los jóvenes interesados en las ciencias o las matemáticas no deben creer en las reiteradas afirmaciones de nuestros gobernantes sobre la incorporación de México al rápido desarrollo mundial, con la ayuda imprescindible de la ciencia y la tecnología. Este desarrollo es una carrera en la que otros países ya llevan mucha ventaja, y México es como un competidor que todavía está sentado pensando si se va a poner los zapatos de correr. Los jóvenes deben considerar también otras posibilidades más acordes con la realidad nacional. Por ejemplo, con pocos estudios se puede llegar a ser un brillante ejecutivo con teléfono celular. Estas personas son admiradas por la sociedad mexicana y dignificadas por el gobierno. ¿No es esto mejor que ser un sufrido matemático o científico cuyas únicas perspectivas son estímulos de unos cuantos salarios mínimos?



La química de la nueva década en México



Rosalinda Contreras Theurel

Hablar de la química de la nueva década en México implica mencionar las muchas formas de cómo esta ciencia se practica. Es difícil encontrar una semejanza en la historia, la práctica y la evolución de las diferentes ciencias, porque sus características propias las modulan y aun su desarrollo depende de la idiosincrasia de cada país. En especial la química es una disciplina poco comprendida; por eso primero deseo esbozar las particularidades de esta ciencia.

La industria química sin conocimientos científicos

La química es el componente básico de los procesos industriales y puede practicarse como mera tec-

nología aun desconociendo las bases científicas de los procesos químicos. Esta tecnología se ha utilizado desde el principio de la humanidad en la producción de satisfactores, en la medicina y aún en la magia; como ejemplos podemos mencionar el tratamiento de los metales, la preparación de la pólvora, de los materiales para fuegos artificiales, los pigmentos, las pinturas rupestres, las pinturas y tratamientos de textiles y obras de arte, los venenos, los combustibles, los medicamentos, etc. Esta tecnología se ha practicado a lo largo de la historia sin el conocimiento de las leyes de la química. A menudo los conocimientos científicos se dan después de las aplicaciones tecnológicas; por ejemplo, para mejorar una resina utilizada en la elaboración de pinturas no siempre es necesario tener un conocimiento profundo y avanzado del comportamiento de los materiales.

Por lo tanto, la ubicuidad de la química, sus enormes aplicaciones en nuestra vida diaria, su

La Dra. Rosalinda Contreras Theurel es profesora titular del Departamento de Química del CINVESTAV. Es química de la UAP y doctora en química de la Universidad de Tolosa, Francia. Su campo de investigación es la química de compuestos orgánicos del boro y el fósforo.

presencia indispensable en la industria, aunados a su práctica empírica o científica han modulado su desarrollo que, a su vez, va de acuerdo al grado de avance científico y tecnológico en cada país.

El papel del conocimiento científico en la industria química

A pesar de que el conocimiento científico de la química ha llegado en segundo término, ha tenido una influencia profunda en la estructura de la disciplina y ha producido un cambio vertiginoso en las aplicaciones tecnológicas que ahora son más ciertas e impactantes. Como caso reciente tenemos los cristales líquidos que han revolucionado a la industria electrónica y le han producido ganancias gigantescas. Las industrias en los países desarrollados basan su avance en sus equipos de investigadores que a través del trabajo científico de frontera promueven la invención de aplicaciones que los ponen a la cabeza del mercado tecnológico y de los negocios. Esto se muestra, por ejemplo, en las fibras textiles novedosas, los plásticos resistentes para carrocerías de automóviles y los medicamentos más eficientes y menos tóxicos. En esos países la química artesanal ha dejado, desde hace muchas décadas, el lugar de mando a la investigación científica.

La química como ciencia

La química tiene otros rostros, el de ser una ciencia requerida para entender los procesos biológicos, y aun los procesos geológicos. Y el de ciencia fundamental para *entender* la estructura atómica y molecular. La química no sólo busca conocer los procesos químicos espontáneos a nivel inorgánico o en el fenómeno viviente. Tiene además una gran componente de innovación y creatividad, pues en los laboratorios se ha logrado dar a luz a una química que no ocurre naturalmente en el planeta, que permite crear sustancias y combinaciones atómicas novedosas y encontrar comportamientos químicos originales. El químico puede manipular y construir en lo microscópico y en lo macroscópico y entender lo que pasa.

¿Es la química una ciencia exacta?

La otra cara de la química involucra el conocimiento físico-matemático y del comportamiento de la materia. Con los modelos matemáticos se han podido predecir con gran exactitud las características físicas, estructurales y el comportamiento molecular. El químico se encuentra frente a problemas conceptuales muy complejos como son, entre otros, el manejo de la geometría, de la tercera dimensión y del mundo del espejo. Los edificios moleculares no son caprichosos, responden a leyes matemáticas bien definidas y por lo tanto permiten establecer y estudiar con precisión la estructura molecular, así como la existencia de isómeros, o sea todas las posibles combinaciones que pueden hacerse jugando con distintos átomos y geometrías, y el estudio del comportamiento de estructuras móviles donde las moléculas se comportan como entes dinámicos cambiantes de forma.

El químico necesita una buena capacidad para la abstracción y la conceptualización, un espíritu creativo, una magnífica preparación científica además de un gran conocimiento de los resultados científicos contemporáneos.

La dinámica de la química

La investigación química que se da en centros de investigación y en universidades es basta; cientos de miles de trabajos científicos publicados cada año dan idea de la ebullición y el florecimiento exponencial de esta disciplina. Evidentemente, todavía hay mucho más por conocer en química que lo que ya se sabe. Las áreas de investigación más activas son la ciencia de materiales, la fisicoquímica, la combinación entre la inorgánica y la orgánica, los métodos instrumentales de análisis estructural, la bioorgánica y la bioinorgánica, y la química teórica. Lo que es más extraordinario es la creciente desaparición de las fronteras entre las especialidades clásicas.

La química como ciencia colectiva

El trabajo de investigación es rara vez un trabajo personal; generalmente corresponde a grupos establecidos. Los resultados no son absolutamente ori-

ginales, sino que están encadenados a resultados anteriores y servirán de materia prima para otros grupos. Sobre un mismo tema puede haber al mismo tiempo gente trabajando en muchos países, los resultados de todos ellos son normalmente complementarios. En estos grupos de investigación se forman los químicos que alimentan a la industria y de esta manera, la investigación es el soporte de la industria y la tecnología.

Todas estas características hacen de la química una ciencia colectiva viva, en evolución casi explosiva.

La importancia de la química

Europa, Japón y Estados Unidos, por citar a los países más avanzados, tienen un gran aprecio por la química que les reditúa en industrias florecientes y grandes ganancias. Las universidades de estos lugares cuentan con grupos numerosos de investigadores y posgrados de alta calidad; son miles los doctores en química que más tarde se dirigen a las industrias para cerrar el círculo virtuoso de la química.

En este contexto de ebullición y de interés, resulta grato saber que en el estado de Illinois se festeja el día de Fred Basolo, químico y profesor universitario, autor de un libro de química que ha acercado a muchos jóvenes a la química. También, en los Estados Unidos se festeja el día anual de la química, con la participación del público en general y los científicos.

¿Qué pasa en México?

Sin querer hechar a perder el día al lector, me atrevo a decir que en México no pasa nada. Las ciencias no son parte de nuestra cultura, la televisión regional se encarga de presentar al público la imagen de científicos locos e inmorales que descubren fórmulas para destruir a la humanidad; en los medios de comunicación no hay lugar para la ciencia excepto en los programas de madrugada. La ciencia no tiene respetabilidad, se le ve como una actividad superflua e innecesaria. Esto, característico de nuestra cultura popular, proviene de la muy deficiente enseñanza de las ciencias en nuestras es-

cuelas básicas y se refleja fácilmente en la política mexicana de la ciencia. Por lo tanto, la química tiene en ella un lugar muy pequeño.

La enseñanza de la química en México

La enseñanza actual de la química produce un efecto negativo en los jovencitos que cursan esta materia, lo que aleja a muchos mexicanos de las escuelas de ingeniería y química. Por otro lado, las universidades que tienen carreras de química se esfuerzan por generar solamente técnicos en alguna tecnología química; los miles de egresados de la licenciatura serán, a su vez, mal pagados como consecuencia de que no llegarán a producir ningún cambio cualitativo positivo en el desarrollo industrial. Es necesario mencionar que la mala calidad y lo anticuado de la enseñanza y contenidos agravan esta situación.

La industria y la química en México

Por su lado, la industria artesanal no necesita de profesionales de la química. En México la industria química tiene muchas décadas de atraso. Si bien se han implantado procesos muy modernos y sofisticados en algunas industrias, sólo se siguen recetas que se han comprado o importado, donde el conocimiento de sus fundamentos es a veces nulo y por lo tanto se tiene muy poco control sobre ellas. La creación de tecnología en nuestro país es prácticamente desconocida, pues no se cuenta con grupos de avanzada científica.

La investigación y el posgrado

El posgrado en química y los grupos de investigación son muy reducidos. En los últimos cuatro años, según cifras del CONACyT, se han graduado en México en promedio tres doctores al año en química y, desgraciadamente, tampoco hay muchos estudiantes mexicanos en el extranjero.

Los químicos maduros en el SNI no pasan de unos cuarenta. El número pequeño de investigadores en química ha permitido que se confunda

a la química con una especialidad de la biología. Este concepto tal vez ha surgido de la obsoleta tradición mexicana de tener carreras mixtas de biología y química. Así, el SNI usa al comité de biología para juzgar a los químicos y considera por lo tanto que un solo químico en el comité es suficiente.

El CINVESTAV es buen ejemplo de la tendencia nacional. Mientras que la biología tiene ciento treinta y seis profesores, y física treinta y ocho, química con un gran esfuerzo ha podido llegar sólo a un grupo de doce profesores. El CONACyT ha establecido como área prioritaria a la química farmacéutica y a la ingeniería química, sin darle importancia a la química base de estas disciplinas. Existen en todo el país carreras especializadas sobre gran variedad de tecnologías químicas. Pero, con una o dos excepciones, no existe en México la carrera de química como una especialidad científica.

En México sólo cuatro grupos de investigadores tienen una presencia significativa: el Instituto de Química y la Facultad de Química de la UNAM, el departamento de Química de la UAM Iztapalapa y el departamento de Química del CINVESTAV.

En algunas especialidades de la química sólo se tienen uno o dos representantes y existen muchas áreas en las que no hay ningún especialista mexicano, lo que agrega un toque de desesperanza a la situación.

¿Qué podemos esperar en México en la próxima década?

Presentado el panorama anterior, me gustaría ahora presentar mis deseos para mejorar este estado de cosas.

Por un lado, quisiera que en las escuelas de enseñanza básica se hiciera un esfuerzo extraordinario para que la enseñanza de las ciencias tuviera un lugar fundamental y preparase a los futuros mexicanos para un mejor aprecio de las ciencias, para mejorar su cultura científica y para darles las herramientas en matemáticas, física, química y biología para que pudieran seguir estudios profesionales.

Desearía que hubiera escuelas de química donde se diera una preparación científica básica y

una preparación intelectual que estimulara la iniciativa y la creatividad, que permitiera a los egresados tener un papel de liderazgo en la industria y comenzar una verdadera modernidad.

También me gustaría que existieran numerosas escuelas de posgrado que no tuvieran que enseñar lo que debió aprenderse en los cursos de la licenciatura y donde se realizara investigación científica real y de buena calidad. Que prepararan a aquellas personas que puedan producir los cambios para la práctica moderna de la química.

También sería adecuado que existieran varios centros de investigación en química de alta calidad en el país, bien apoyados por el gobierno y la industria, donde se cumpliera la tarea de hacer buena investigación, de formar gente de primera calidad, en cantidades importantes y donde se pudiera encontrar a los asesores que necesita la industria.

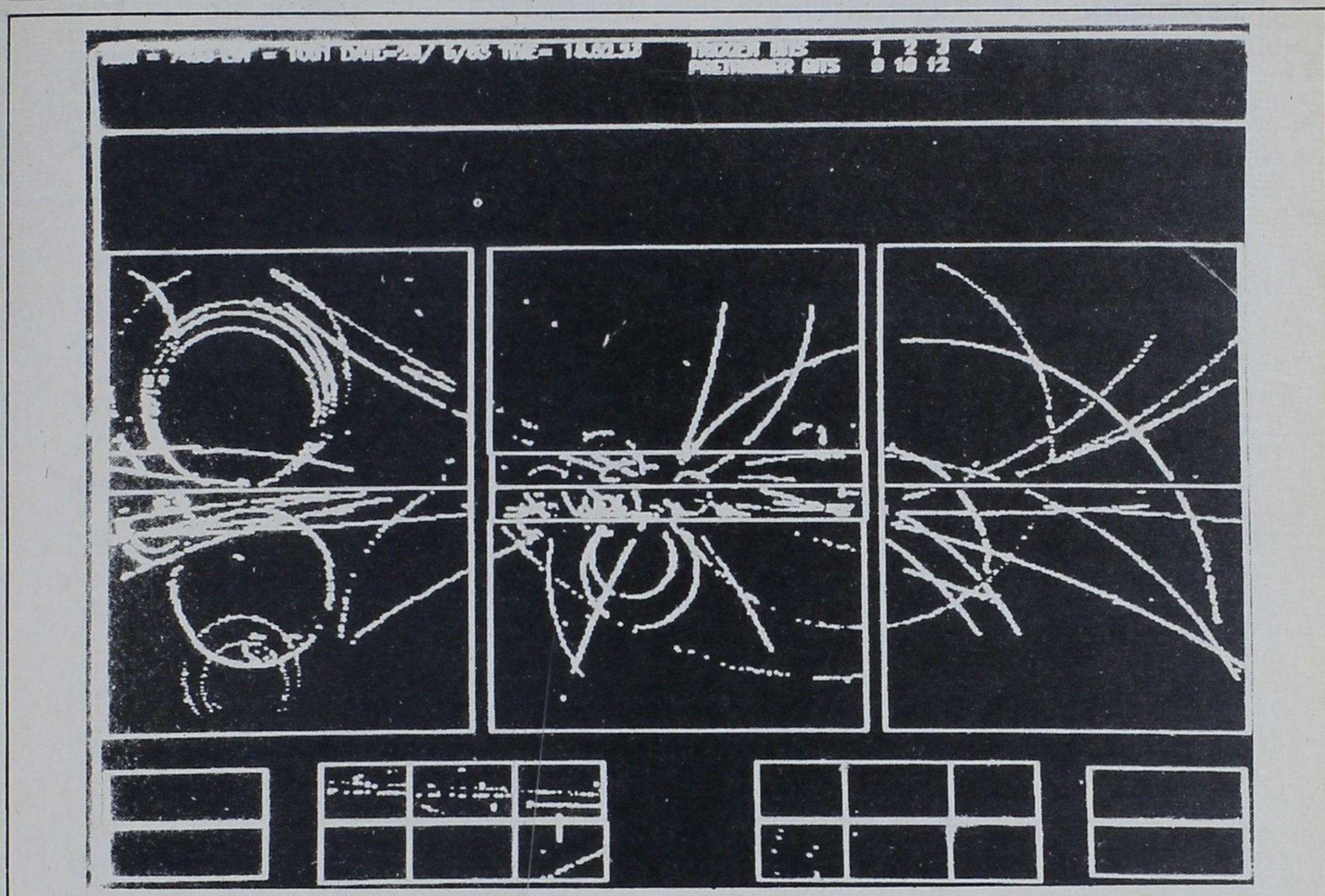
Puedo agregar que sería conveniente que en el país existieran los expertos en la química de los elementos de los minerales que produce México; esto permitiría que hubiera vigilancia sobre su comercialización y que se establecieran industrias para su beneficio y para la producción de derivados con mayor valor agregado.

También sería valioso que hubiera químicos especialistas en síntesis orgánica que pudieran asesorar a la industria de fármacos y de especialidades químicas. Asimismo, que existiera un número significativo de expertos en química orgánica para que el petróleo se transformara en México en toda la variedad de productos que ahora se importan y que tanta falta hacen a la industria secundaria.

Puedo imaginar también que si tuviéramos expertos se podrían transformar las materias primas de origen vegetal, marino etc., en productos químicos de gran valor. No se debe dejar de mencionar la importancia que tienen los químicos en el desarrollo de la biología, de la farmacia y de la medicina y que, si los hubiera, tendrían un fuerte impacto en estas disciplinas.



La física mexicana: retos y perspectivas



Miguel Angel Pérez Angón

La evolución de la actividad de los físicos mexicanos en los años recientes está bien documentada gracias a los datos proporcionados por los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)¹ y a la información recabada en el *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física*, publicación anual de la Sociedad Mexicana de Física (SMF)². No será entonces empresa difícil vislumbrar las perspectivas de la física mexicana en la década de los noventa si se toma la actitud positiva de que no variarán mucho las presentes condiciones del país y el apoyo que se da a la actividad científica. En este artículo se presenta la información que tenemos sobre el desempeño de los físicos mexicanos en la formación de recursos humanos y la generación de

artículos científicos. Con base en ello, se plantean los retos y las perspectivas del gremio de físicos mexicanos y su posible impacto en el desarrollo del país.

Formación de nuevos investigadores

En la tabla 1 se presenta el universo de los programas de estudio que se ofrecen en nuestro país en el área de las ciencias físicas.³ Existen 19 programas de licenciatura, 16 de maestría y 13 de doctorado impartidos por 23 instituciones nacionales. En la figura 1 se muestra la evolución global³ de estos programas en la matrícula, el nuevo ingreso y el egreso entre 1986 y 1989. Se pueden apreciar incrementos constantes, pero pequeños, en los indicadores correspondientes a los programas de

El Dr. Miguel Angel Pérez Angón es físico del ITESM y doctor en ciencias del Cinvestav (Física). Es profesor titular del Departamento de Física y su campo de investigación es la fenomenología de altas energías.

Tabla 1. Programas incluidos en la edición 1990-91 del *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física*.

INSTITUCION	LICENCIATURA	MAESTRIA	DOCTORADO
CICESE	—	Optica Física de Materiales	Optica Física de Materiales
CINVESTAV	—	Ciencias (Física, Física Aplicada)	Ciencias (Física)
CIO	—	Ciencias (Optica)	Ciencias (Optica)
ESFM-IPN	Física y Matemáticas	Ciencias (Física) Ciencia de Materiales	Ciencias (Física)
INAOE	—	Ciencias (Optica)	Ciencias (Optica)
ITESM	Ingeniería Física Industrial	—	—
UABC	Física	—	—
UAEM	Física	—	—
UAM	Física, Ingeniería Física	Física	Física
UANL	Física	—	—
UAP	Física	Física	Física
UASLP	Física	Ciencias (Física)	Ciencias (Física)
UAS	Física	—	—
UAZ	Física	—	—
U DE G	Física	—	—
U DE GTO	—	Ciencias (Física)	Ciencias (Física)
UDLA	Física	—	—
UIA	Ingeniería Física	—	—
UJAT	Física	—	—
UNAM	Física	Ciencias (Física, Astronomía, Ciencia de Materiales, Energía Solar)	Ciencias (Física, Astronomía, Ciencia de Materiales)
UMSNH	Ciencias Fisicomatemáticas	—	—
UNISON	Física	Física	—
UV	Física	—	—

licenciatura. La situación en los programas de posgrado no es igualmente clara, pero la tendencia también es positiva. En particular, en el doctorado se duplicó en los dos últimos años el número de graduados (20 doctores/año) con respecto al promedio anual de los últimos diez años (diez doctores/año). Las instituciones que producen más doctores en física son el Cinvestav, la UAM-I y la UNAM. Las otras instituciones indicadas en la tabla 1 tienen programas de doctorado de reciente creación y se espera que incrementen a corto plazo el número global de nuevos investigadores en física.

El problema asociado a la “fuga de talentos” en nuestro país es evidente, aunque no está suficientemente documentado. En el caso de los físicos mexicanos que emigran al extranjero, sólo se tiene información confiable⁴ sobre el alto porcentaje (40%) de los físicos egresados de la UNAM que no regresan al país después de haber terminado sus estudios de posgrado en el extranjero. A pesar de

esta emigración, se ha observado un incremento sostenido de alrededor del 5% anual en la planta de investigadores en física con doctorado en las instituciones nacionales. Por supuesto, este incremento sería mayor sin la fuga de talentos. No obstante, existe un aspecto positivo asociado a este proceso. Gracias a que el número de físicos mexicanos radicados en el extranjero se ha incrementado, existen ahora contactos profesionales con instituciones fuera del país que no se hubieran dado de otra manera. La moraleja de esta situación es que tenemos que convivir con el éxodo de físicos mexicanos y que nuestra comunidad científica gozará de buena salud en tanto continúe incrementándose el número de investigadores radicados en el país.

Grupos de investigación

Si incluimos a los físicos mexicanos que realizan investigación en los laboratorios nacionales (IIE, ININ,

Tabla 2. Relación de los principales grupos de investigación por especialidad y por institución. Para cada grupo se especifica el número de investigadores con doctorado (D), maestría (M) o licenciatura (L). Las cantidades entre paréntesis indican el número de investigadores teóricos y experimentales que se identificaron como tales en el *Catálogo*.

PRINCIPALES GRUPOS DE INVESTIGACION	INSTITUCION	D		M		L
Materia condensada (Estado sólido)	IFUNAM	35	(13,12)	0		1
	ICUAP	14	(2,12)	3		0
	CINVESTAV-IPN	14	(4,10)	3		0
	IFUASLP	8	(5,3)	3	(1,2)	0
	ESFM-IPN	5	(1,3)	2	(2,0)	0
	IIMUNAM	5	(2,2)	1	(1,0)	0
	CIFUS	2	(0,2)	9	(2,3)	0
Física estadística y termodinámica	UAM-I	17	(16,1)	6	(6,0)	1
	IFUNAM	6	(6,0)	0		0
	CINVESTAV-IPN	5	(5,1)	0		0
	FCUNAM	4	(3,1)	3		0
	IIMUNAM	4	(4,0)	0		0
Astronomía y astrofísica	IAUNAM	35		7		0
	INAOE	4		3		3
Partículas y campos	CINVESTAV-IPN	11	(10,1)	0		0
	ESFM-IPN	5	(5,0)	0		0
	IFUNAM	4	(4,0)	0		0
	ICNUNAM	3	(3,0)	0		0
	U Gto	2	(0,2)	0		0
Ciencia de materiales	IIMUNAM	17	(8,9)	12	(0,12)	2
	ESFM-IPN	3	(1,2)	1	(0,1)	0
Relatividad y físicamatemática	IFUNAM	8	(8,0)	0		0
	CINVESTAV-IPN	6	(6,0)	0		0
	UAM-I	5	(5,0)	3	(3,0)	0
	ICNUNAM	6	(6,0)	0		0
Física atómica y molecular	IFUNAM	15	(9,3)	0		0
	FCUNAM	6	(3,3)	0		0
Física nuclear	IFUNAM	10	(5,5)	0		0
	ICNUNAM	4	(4,0)	0		0
Optica	ININ	3		2		11
	CIO	7	(1,6)	5	(0,5)	0
	INAOE	3	(0,3)	4	(0,4)	2
	CICESE	6	(0,6)	8	(0,8)	0
Biofísica	FCUNAM	4		2		0
	IFUNAM	3		0		0
Física de plasmas	ICNUNAM	4	(3,1)	0		0
	ININ	5		4		1
Polímeros	UAM-I	5	(3,2)	0		2
	ESFM-IPN	3	(2,0)	0		0

IMP), se tiene un número total de alrededor de 1000 físicos asociados a actividades de docencia e investigación. Por grado académico, en 1989 se tenía la siguiente distribución³: 462 doctores (77% en el DF), 269 maestros en ciencias (47.5% en el DF), y 185 con licenciatura (44% en el DF). Como se puede apreciar por estas cifras, todavía hay un concentración muy alta de físicos en la ciudad de México, aun cuando la tendencia reciente es disminuirla.³

La especialidad de investigación que reúne al mayor número de físicos mexicanos es la física de sólidos y ciencia de materiales. Casi todas las instituciones nacionales que realizan investigación tienen algún grupo de investigación en esta especialidad y alrededor del 30% de todos los físicos mexicanos se dedica a ella. Después de la física de sólidos, las especialidades que agrupan al mayor número de investigadores son física estadística (10%), astronomía (10%), relatividad y físicamate-

mática (7%), partículas y campos (7%), física atómica y molecular (7%), óptica (6%) y física nuclear (6%). En la tabla 2 se indican los principales grupos activos de investigación por especialidad y por institución. Se especifica en cada caso el número de investigadores que se identificó como teórico o experimental. Tenemos entonces que únicamente existen en el país grupos experimentales consolidados en la física de sólidos, la óptica, la física nuclear y la astronomía (observacional). Asimismo, fuera de la ciudad de México ya existen grupos de investigación (independientes de los capitalinos) en Puebla (INAOE, UAP), San Luis Potosí (UASLP), León (CIO, IFUG), Ensenada (CICESE) y Sonora (CIFUS).

El SNI y los físicos

Se conoce con precisión la situación y el desempeño de los físicos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), con información publicada tanto por los administradores del SNI¹ como por la SMF.⁵ Los físicos son, por su tamaño, la segunda comunidad científica representada en el SNI. Su desempeño en las actividades de investigación es similar al de los biólogos, los cuales constituyen la comunidad más numerosa del SNI. Mientras que los biólogos son los únicos que han establecido criterios específicos de ubicación para las diferentes categorías del SNI (candidatos, investigadores en niveles I, II y III),⁶ los

físicos han publicado distribuciones reales de los miembros del SNI por categoría, de acuerdo con cada especialidad de la física y la producción de artículos originales de investigación.⁵ Según estas distribuciones, no existen criterios bien definidos para ingresar a las diferentes categorías del SNI. Por añadidura, se presentan variaciones muy grandes en los indicadores (promedios) que se obtienen a partir de estas distribuciones para cada especialidad y cada categoría. Esta situación ha propiciado una amplia confusión y una sensación de malestar entre la comunidad de físicos miembros del SNI. Se llega al extremo de pensar que la única forma de ser promovido en el SNI es si algún miembro de las comisiones dictaminadoras conoce ampliamente nuestro trabajo de investigación. Este estado de cosas se podría remediar si los miembros de las comisiones dictaminadoras se propusieran definir y publicar los criterios académicos de evaluación específicos para cada categoría y para cada especialidad, tal y como está asentado en el Acuerdo Presidencial que establece al propio SNI. Si algunas instituciones nacionales (UAM, CINVESTAV) tienen esquemas de evaluación del trabajo académico — de fácil implementación, que son susceptibles de aplicarse a diferentes disciplinas, y que además han estado en operación por varios años— es incomprensible que el SNI no haya impulsado un esquema similar. Siempre se podrán encontrar objeciones a este tipo de esquemas; sin embargo, la experiencia ha demostrado que con ellos se evi-

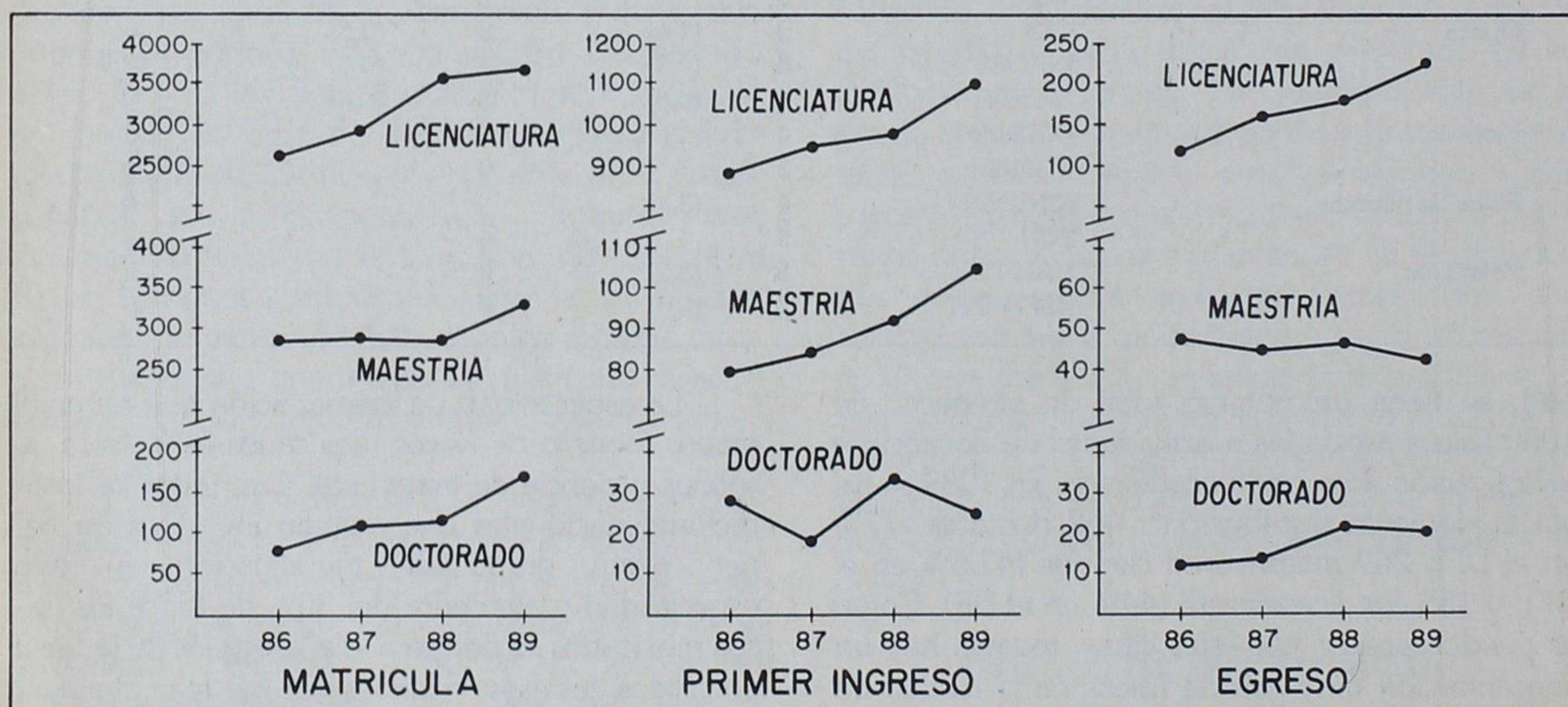


Figura 1. Evolución de la matrícula, primer ingreso y egreso entre 1986 y 1989 para los programas de licenciatura, maestría y doctorado. Nótese el cambio de escala en los ejes verticales.

tan al máximo las tendencias subjetivas de los dictaminadores y se propicia un mecanismo de apelación ágil y satisfactorio tanto para evaluadores como para evaluados. Además, si en las comisiones dictaminadoras también se diera cabida a investigadores que no sean de la máxima categoría, se podría lograr un balance adecuado que anule la inclinación natural de los científicos a sobrestimar el trabajo de investigación propio.

Una ventaja de contar con criterios de evaluación explícitos en el SNI es que estarían sujetos a la crítica de toda la comunidad científica, tal y como estamos acostumbrados a hacerlo con todo nuestro trabajo académico. Con ello se puede evitar el uso de indicadores absurdos, como exigir un número absoluto de 300 citas bibliográficas hechas a los trabajos de investigación para ingresar a la categoría de investigador nacional en el nivel III.⁶ El único indicador que existe al respecto es el promedio de citas por artículo, conocido también como factor de impacto o de repercusión, generado por los análisis del *Institute for Scientific Information (ISI)* de Filadelfia, EUA. De acuerdo con el sistema de citas publicado en el *Science Citation Index*, el promedio internacional se ha mantenido en alrededor de 4 citas/artículo para las ciencias exactas y naturales.⁷ De esta manera, investigadores de especialidades que tienden a publicar un número reducido de artículos podrían ser promovidos si su factor de impacto fuese relativamente alto con respecto a este promedio internacional. En particular, dos análisis sistemáticos que se han realizado en nuestro medio, para los investigadores biomédicos⁸ y físicos,⁹ indican factores de impacto por debajo del promedio internacional.

Retos

La limitante principal para el desarrollo de la física en México hoy en día parece ser la depresión tanto de los salarios de los profesores e investigadores como de las becas de los estudiantes de posgrado. Al mismo nivel se deben situar las dificultades para conseguir financiamiento destinado a la compra de equipo e insumos, y para promover la difusión de los resultados de las investigaciones.

Los físicos mexicanos deberán encontrar argumentos convincentes, por lo menos para los admi-

nistradores de la ciencia, de que el Estado debe promover el desarrollo del mayor número de especialidades y no sólo de aquellas en las que se tengan mayores perspectivas de aplicación. En el renglón de la formación de recursos humanos, los programas de posgrado deben consolidarse a fin de generar nuevos investigadores en números comparables a los de países desarrollados. Por ejemplo, en los EUA, con una población de 15,000 físicos con doctorado en el medio académico, y otros tantos en el sector productivo, se generan alrededor de 1000 nuevos físicos con doctorado al año.¹⁰ De acuerdo con la población de nuestro país, deberíamos entonces aspirar a graduar unos 300 doctores en física al año. Esto representa incrementar en diez veces nuestra tasa actual de graduación.

En otro nivel, el SNI debe evolucionar hacia un sistema más claro que sirva de estímulo para los investigadores jóvenes. Un físico recién doctorado se frustrará irremediablemente si persiste el esquema presente que lo promoverá al máximo nivel después de 25 o 30 años continuos de investigación.

Perspectivas

Un estudio reciente de la actividad de investigación realizada por el gremio biomédico en México muestra que su productividad científica ha decrecido durante la última década.⁸ En el caso de los físicos mexicanos la tendencia resulta ser más optimista, ya que se ha observado un incremento constante del número de investigadores con doctorado, de las publicaciones originales generadas, y de la formación de nuevos investigadores.³

Los físicos mexicanos se han consolidado como la segunda agrupación científica más numerosa, después de los biólogos. La Sociedad Mexicana de Física (SMF) es la organización de científicos más consolidada del país con unos 1500 socios activos y tiene consenso como agrupación gremial. El congreso nacional de la SMF se ha constituido en la reunión científica más importante del país, con alrededor de 800 participantes y la presentación de más de 700 trabajos de investigación. La SMF edita tres publicaciones que tienen aceptación internacional, sobre todo en Latinoamérica: La *Revista Mexicana de Física* (trimestral), el *Catálogo de Pro-*

gramas y Recursos Humanos en Física (anual), y el *Boletín de la SMF* (cuatrimestral). Si a estas tres publicaciones agregamos la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, editada por el Instituto de Astronomía de la UNAM, se tiene una base sólida de publicaciones científicas generadas por la comunidad de físicos mexicanos.

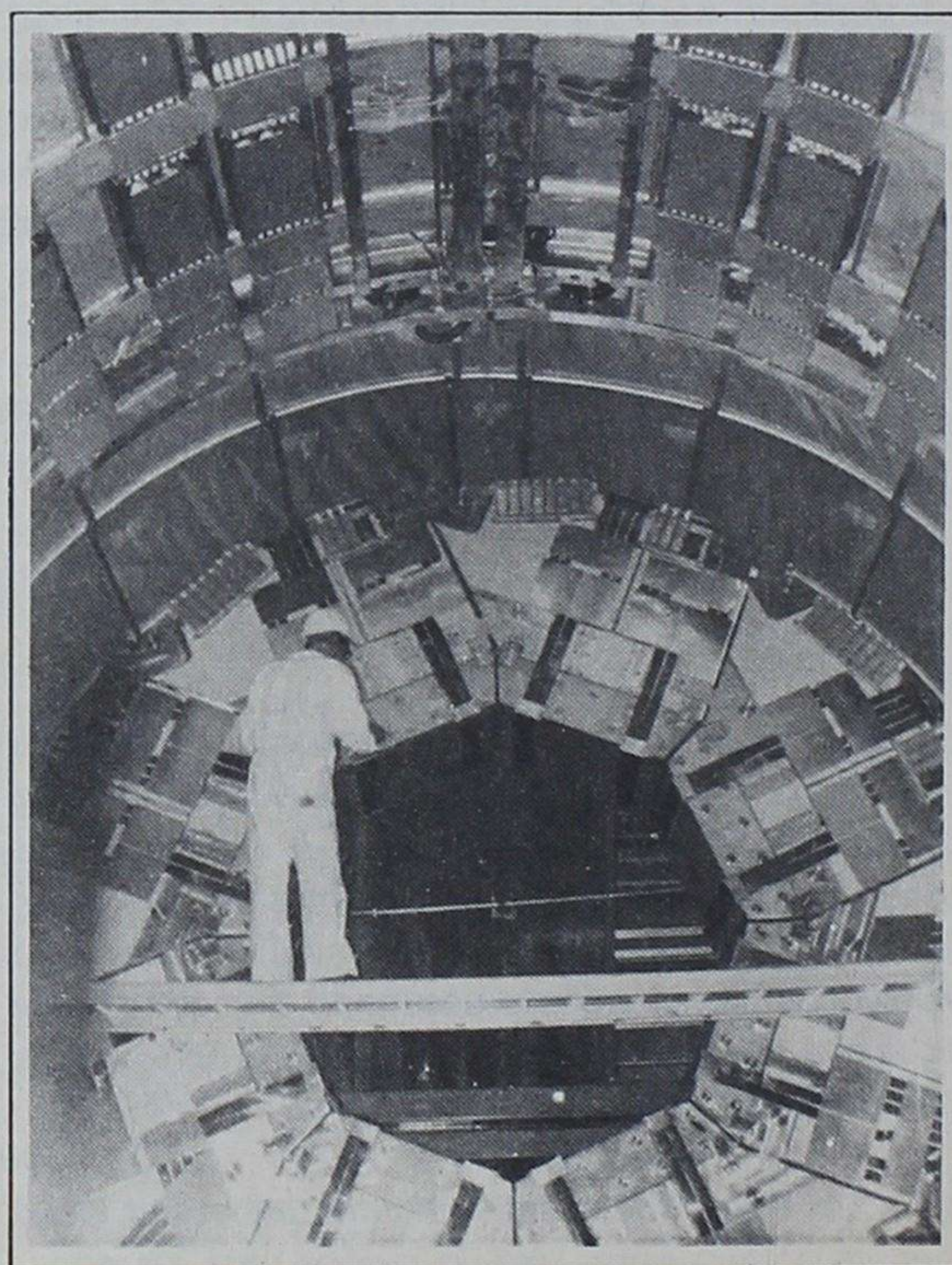
No obstante, sería deseable que los físicos mexicanos mejoren su presencia en el medio internacional. En particular, las publicaciones mencionadas en el párrafo anterior tienen influencia predominantemente local y el factor de impacto de los artículos publicados por los físicos en revistas internacionales, aunque está aumentado, sigue siendo bajo.¹¹ Además, no tengo conocimiento de que algún físico mexicano haya publicado lo que el ISI llama "artículos clásicos", esto es, artículos originales de investigación que hayan generado más de 300 citas en la literatura científica. En cambio, los biólogos mexicanos ya han generado varios trabajos de investigación de este tipo. La actual distribución de especialidades de la física en las que se hace investigación es propicia para consolidar un número mayor de grupos de investigación.³ En especial, se ha observado² que en la última década los grupos experimentales han crecido en mayor proporción que los teóricos. Este fenómeno es saludable y sus perspectivas mejorarán substancialmente a corto plazo si continúa incrementándose el apoyo gubernamental al desarrollo de la actividad científica.

Finalmente, está la cuestión del grado en el que los físicos mexicanos deben influir en el desarrollo del país. La postura actual del gobierno mexicano es que se debe apoyar con preferencia a la ciencia que ayude a resolver los "grandes problemas nacionales". Sin embargo, a veinte años de la fundación del CONACyT, principal impulsor de esta política utilitaria de la ciencia, no se han obtenido resultados evidentes de la ciencia "aplicable". En cambio, en el camino hemos perdido muchos investigadores "básicos". En años recientes, por otra parte, se ha presentado el fenómeno de la fuga interna de talentos, a través de la contratación de científicos activos de las instituciones públicas por universidades privadas y algunas industrias. Considero que a mediano plazo este proceso repercutirá positivamente en el desarrollo de la actividad científica en nuestro país. Ante ello, la única perspectiva posible que le queda a la comunidad científica

nacional es incrementar a corto plazo, hasta en un factor de diez, la formación de nuevos investigadores, y entonces poder trascender la actual marginación de la actividad científica en nuestro país. ❀

Notas

1. S. Malo y G. Garza, *Ciencia y Desarrollo* No. 83 (nov.-dic. de 1988) 141.
2. M.A. Pérez Angón *et al.*, eds., *Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física*, SMF, México, ediciones 1987, 1988, 1989, 1990.
3. La información comprendida en esta sección se tomó de M.A. Pérez Angón, *Bol. Soc. Mex. Fís.* **4** (1990) 93.
4. L. de la Peña, *Bol. Soc. Mex. Fís.* **2** (1988) 42.
5. M.A. Pérez Angón y G. Torres Vega, *Bol. Soc. Mex. Fís.* **2** (1988) 65.
6. Convocatoria del SNI publicada en *Excelsior* del 28 de abril de 1985.
7. E. Garfield, *Current Contents* **18**, Num. 22 (Mayo 29, 1978) p. 5; **23**, Num. 33 (Agosto 15, 1983) p. 5.
8. D. Alarcón, H. Aréchiga y J.R. de la Fuente, *Ciencia y Desarrollo* **26**, Num. 93, jul-ags. 1990, p. 55.
9. E. Flores y M. Pimienta, *Ciencia y Desarrollo* Num. 83 (nov.-dic. 1988) p. 95.
10. *Physics Today* **43** (Septiembre 1990) p. 99; *Bull. Am. Phys. Soc.* **33**, 1437 (1988).
11. E. Garfield, *Current Contents* **24**, Num. 19 (Mayo 7 de 1984) p. 3.



Perspectivas de la ingeniería y la tecnología en México

Las telecomunicaciones modernas y sus perspectivas en México



Jorge Suárez Díaz

Introducción

Actualmente se reconoce y se acepta, sin reservas, que las telecomunicaciones son uno de los factores más importantes para el desarrollo integral de las naciones. Las telecomunicaciones son la infraestructura de la era de la información. En todo el mundo, empresas, universidades e instituciones públicas están invirtiendo intensamente en sistemas de telecomunicaciones para satisfacer los requerimientos y necesidades de una economía mundial

que se está volviendo cada vez más dependiente del manejo, procesamiento, transferencia y uso de información. Es así que el campo de las telecomunicaciones se vuelve cada vez más global.

Hoy, el comercio y las industrias —sean financieras o manufactureras— están comprometidas en una competencia a nivel mundial y, por lo tanto, tienen que ser lo más competitivas que les sea posible. Aun cuando las telecomunicaciones no sean una panacea, pueden lograr una contribución significativa para mejorar la productividad.

Hay, también, la posibilidad real de que las telecomunicaciones contribuyan a mejorar la calidad de vida de la gente; por medio de las redes in-

El Ing. Jorge Suárez Díaz es profesor titular de la Sección de Proyectos de Ingeniería del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV. Es ingeniero en comunicaciones eléctricas de la ESIME-IPN. Su campo de interés es el diseño de sistemas y redes de telecomunicación.

teligentes de telecomunicaciones —de las que se oye hablar frecuentemente y a las que nos referimos adelante— se podrá prestar una variedad enorme de servicios que harán más cómoda la vida de las personas. Estas redes inteligentes no servirán únicamente al mundo de los negocios, sino también ofrecerán servicios residenciales y sociales de toda clase; serán una forma de lograr contribuciones eficaces y eficientes para la educación de las nuevas generaciones, para tener mejores servicios médicos, para el mejoramiento del medio ambiente y para lograr muchos otros objetivos que la sociedad demanda con avidez.

El mercado de las telecomunicaciones es complejo, dinámico, enorme y creciente. Se prevé que el gasto anual en productos y servicios de telecomunicaciones, a nivel mundial, alcanzará el billón (10^{12}) de dólares para el año 2001. El mercado potencial incluye a cada persona y a cada computadora.

Los avances tecnológicos en microelectrónica, satélites de comunicaciones y fotónica están ampliando, en forma acelerada, las capacidades de los

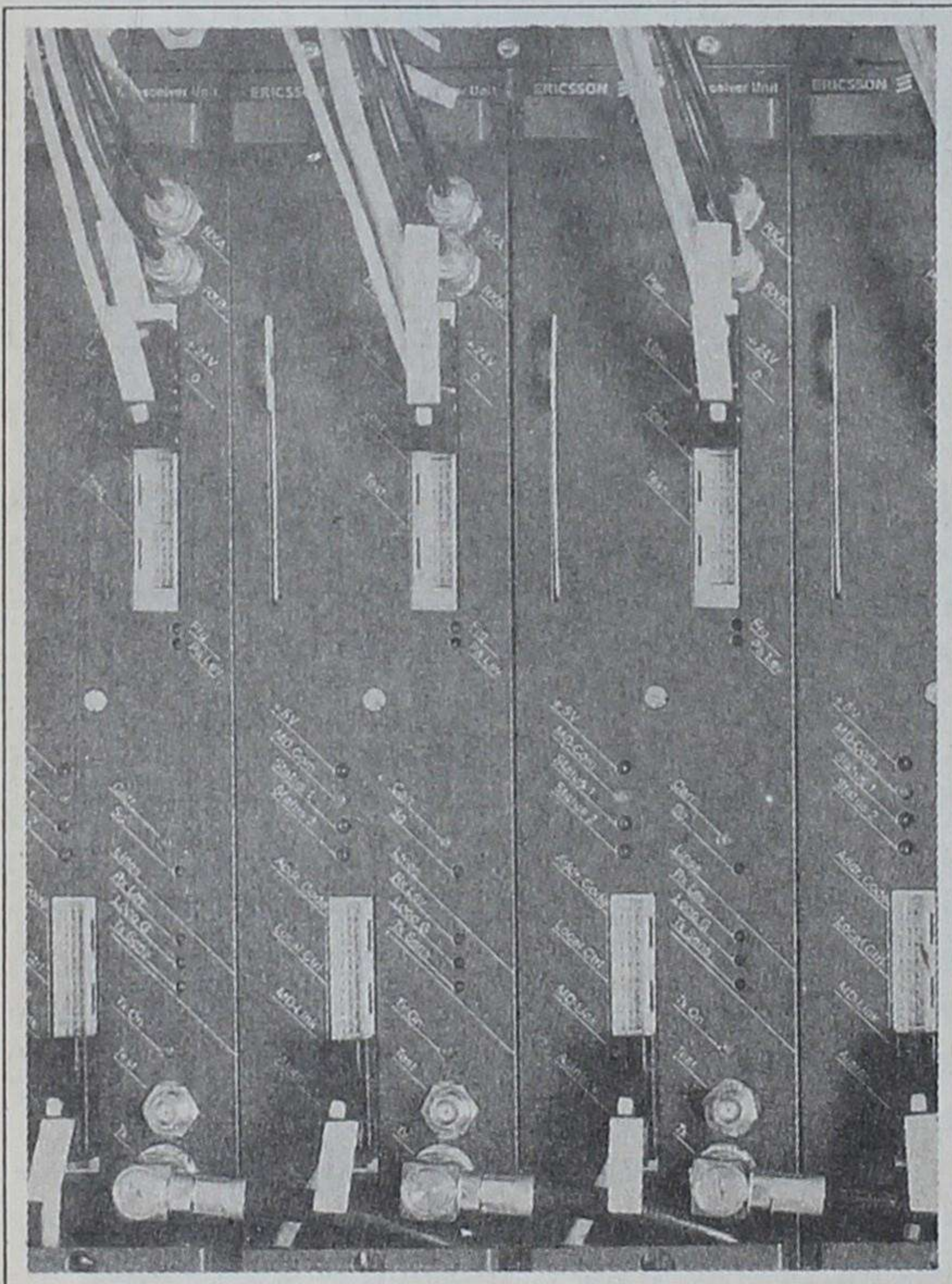
sistemas de telecomunicaciones para manejar y transportar cantidades masivas de información. Las demandas de los usuarios de servicios de telecomunicaciones están aumentando dramáticamente. Las telecomunicaciones se han vuelto un factor operacional de producción, y de ventaja competitiva para la industria, el comercio, así como para casi todas las actividades del quehacer humano. Por ello se requiere una infraestructura moderna de telecomunicaciones para el crecimiento de la economía, para el buen éxito de las empresas en el mercado global, y para satisfacer los requerimientos crecientes de servicios, cada vez más sofisticados, de la sociedad.

Telecomunicaciones modernas

Redes digitales de servicios integrados

La tendencia más ostensible en el campo de las comunicaciones es la continua convergencia de informática y telecomunicaciones. Con un toque de fantasía, algunos observadores caracterizan esta evolución como el cambio del simple y viejo servicio de telefonía a los asombrosos nuevos servicios del futuro. El objetivo de las telecomunicaciones del mundo, para fines del presente siglo, es generar un nuevo receptáculo en las paredes de cada casa, empresa o lugar público, tan estándar como los receptáculos de toma de energía eléctrica. En estos nuevos receptáculos cualquier persona podrá enchufar un teléfono, un receptor de televisión, una computadora, u otra terminal de cualquier fabricante, a fin de enviar y recibir, casi instantáneamente, comunicaciones de voz, imágenes de video, señales de facsimile, o datos a alta velocidad. En el fondo de estas "Redes Digitales de Servicios Integrados", encontramos que unos y ceros, en un flujo de "bits", son siempre unos y ceros, independientemente de la información que transportan. Por lo tanto, debe ser factible diseñar y establecer una red de tal naturaleza que cualquier persona pueda intercambiar cualquier clase de información con cualquier otra persona o máquina, en cualquier parte del mundo.

Tales comunicaciones universales —que integran voz, video y datos— requieren, para su realización, de tres requisitos claves: 1) gran ancho de banda, 2) procesamiento digital, y 3) protocolos





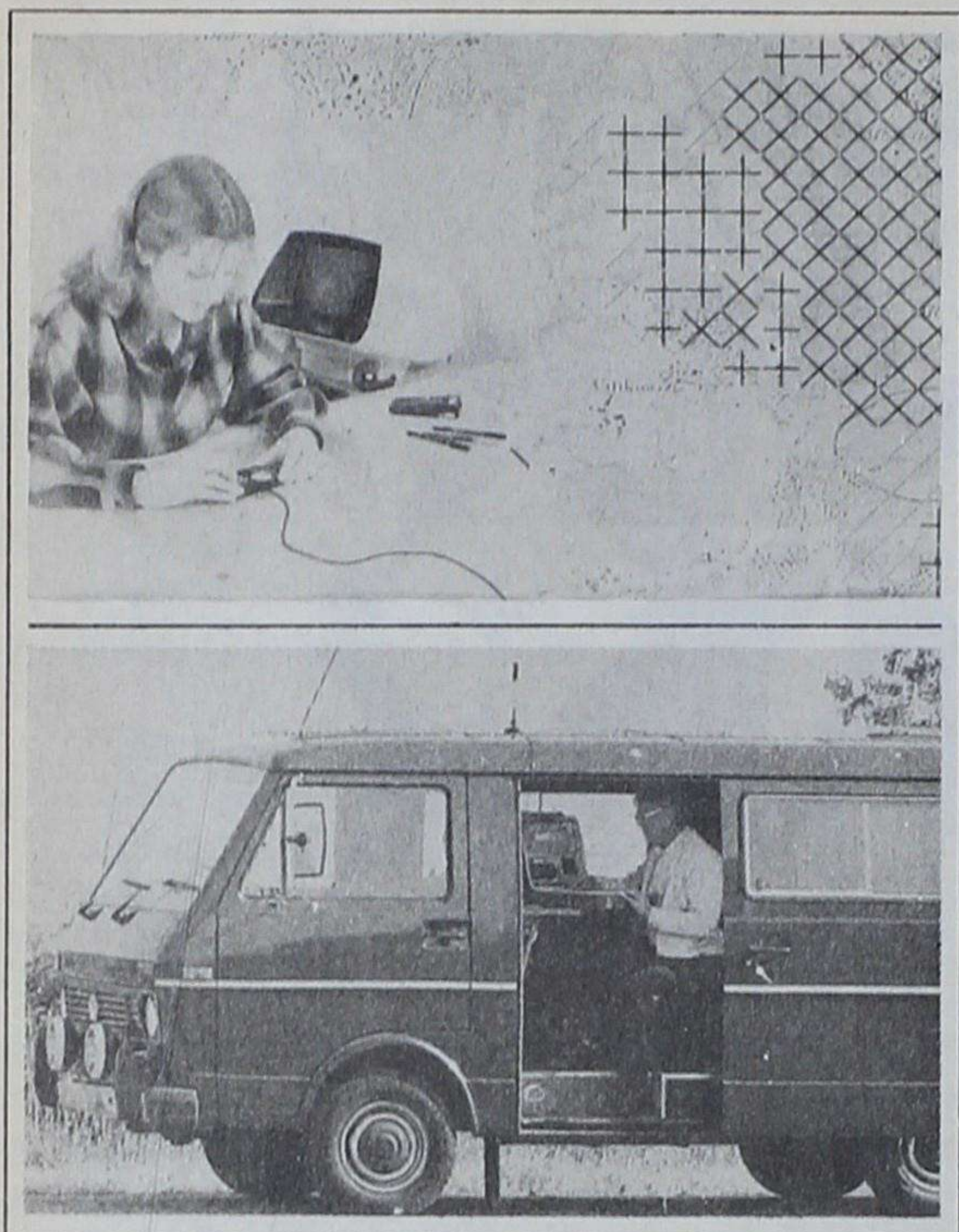
normalizados. Gran ancho de banda lo pueden proporcionar los cables de fibras ópticas, o los enlaces por microondas, que pueden transportar imágenes tan fácilmente como sonido o datos. Codificar la información digitalmente, y establecer protocolos internacionales apropiados, con normas precisas, permitirá que toda la información sea enrutada y manejada en el mismo canal digital, en forma de flujo de "bits", independientemente de su contenido de información. La mayoría de los participantes en el desarrollo de estas redes están de acuerdo en que podrán estar listas y en operación para fines de este siglo o principios del próximo, en todo el mundo, y que, para entonces, se podrán prestar, por medio de ellas, una gran variedad de nuevos y asombrosos servicios.

Una red de telecomunicaciones global unificada está próxima a convertirse en realidad. Una comisión internacional de expertos, que trabajan bajo el patrocinio de las Naciones Unidas, ha recomendado un primer conjunto de normas técnicas claves; mientras tanto, empresas telefónicas de varios países del mundo han venido realizando pruebas, con equipo experimental, relacionadas con esta clase de redes. No está lejano el día en que cualquier persona pueda enchufar un teléfono o una terminal de computadora, o de otro artefacto, en uno de los receptáculos mencionados antes y comunicarse con cualquier otra persona en cualquier otra parte del mundo, y trazar y colorear un diagra-

ma, o un esquema cualquiera, en las pantallas de ambas terminales, por ejemplo. Este modo de comunicación es uno de muchos otros objetivos de la "Red Digital de Servicios Integrados" o RDSI, que ha sido ampliamente analizada en conferencias y revistas relacionadas con la industria de las telecomunicaciones, desde hace varios años.

Inicialmente la red combinará, en una sola arquitectura, varias de las formas existentes de comunicaciones —tales como los servicios de telefonía, télex, facsímile, transmisión de datos—. Estos servicios son ahora proporcionados, generalmente, por redes especializadas independientes. La RDSI se considera como un medio para prestar no únicamente esos viejos servicios, sino otros muchos, completamente nuevos, tales como video conferencias, correo electrónico escrito y de voz, educación y medicina a distancia, servicios bibliográficos, telemedición, telecontrol, y, tal vez, incluso diseño asistido por computadora.

El Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico (CCITT), un brazo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), es el organismo que coordina el desarrollo de la Red Digital de Servicios Integrados. Las recomendaciones del CCITT definen interfaces normalizadas que harán que los servicios de la RDSI estén disponibles para cualquier suscriptor, como la red comercial de energía eléctrica lo está ahora. Justamente como la



normalización de una Red de Energía Eléctrica comercial permite que se conecte cualquier aparato eléctrico en cualquiera de sus receptáculos, la normalización de la RDSI permitirá, como decíamos antes, conectar un teléfono, un facsímile, una terminal de computadora, un monitor de video o un sistema de alarma, a una sola interfaz para acceder, casi instantáneamente, a cualquier medio de información. Es razonable esperar que la RDSI será, al principio, más accesible para las grandes empresas, pero se irá extendiendo paulatinamente a los usuarios residenciales y a toda la sociedad.

Algunas tecnologías básicas para el desarrollo de las telecomunicaciones

Fotónica

La emergencia de tecnologías de telecomunicaciones para transmisión de información a muy altas velocidades ha dado un ímpetu para la definición de "Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha". Esta red es concebida como una red digi-

tal para todo propósito. Proveerá un acceso integrado que soportará una variedad muy amplia de servicios y aplicaciones para sus usuarios, de una manera flexible y eficiente —servicios interactivos y distribuidos—.

Los sistemas de ondas de luz, como se les ha llamado, se están volviendo con mucha rapidez los preferidos para transportar enormes cantidades de información a grandes y pequeñas distancias. En tierra, la segunda y tercera generación de estos sistemas de ondas de luz cruzan actualmente algunos países transportando información a velocidades de hasta 1.7 Gb/s, por cada par de fibras ópticas. Por el fondo del océano los sistemas de cables ópticos enlazan a América con Europa y Asia desde fines de 1988, fecha en que se puso en operación comercial el cable de fibras ópticas TAT-8 entre EU e Inglaterra, y de allí a Asia, el cual transporta hasta 40,000 conversaciones telefónicas simultáneas, más que el resto de los cables trasatlánticos y enlaces de satélites combinados.

Por otra parte, los japoneses han demostrado el multiplexaje por división de longitud de onda de hasta 10 canales en cada fibra óptica, utilizando láseres semiconductores entonables. Esto multiplica por 10 la capacidad de comunicaciones de los cables.

Con estos adelantos, los laboratorios de Fujitsu, en Japón, han construido una "Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha", que utiliza cables de fibras ópticas. Según afirman, es la primera red que opera de acuerdo con las normas internacionales recomendadas por el CCITT. Este sistema transmite a velocidades de hasta 150 Mb/s, equivalente a 2000 circuitos telefónicos de voz, más de tres ordenes de magnitud arriba de los 144 kb/s, que es la norma para "Redes Digitales de Servicios Integrados", de banda angosta. En los próximos años veremos la penetración de las fibras ópticas directamente a las oficinas y, también, a las casas habitación, para proporcionar una basta variedad de servicios de cualesquiera anchos de banda, soportados por la Red Pública Digital de Servicios Integrados.

Una de las mayores ventajas de las fibras ópticas es que el ancho de banda potencialmente usable del medio de transmisión (fibra-mono-modo) es

enorme, de más de 20 THz (20×10^{12} Hz) para tan solo la ventana de bajas pérdidas (1.3 μm a 1.5 μm). Por lo tanto, una sola fibra tiene, hoy en día, el ancho de banda para transportar un tráfico equivalente a todo el tráfico telefónico, en las horas pico, de un país como los EUA.

A medida que las redes digitales públicas de banda ancha se desarrollen, se irán generando, también, nuevos servicios de banda ancha.

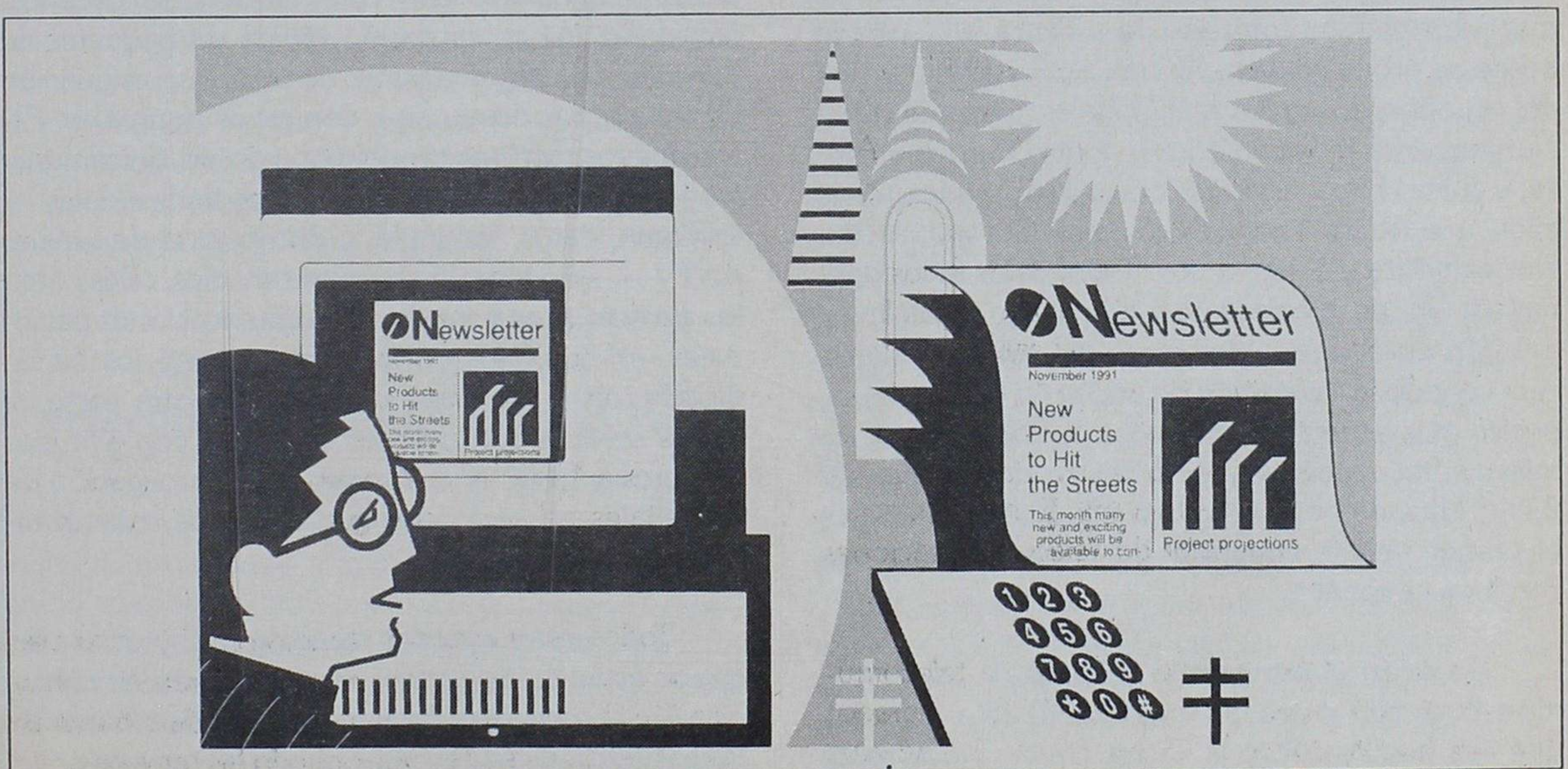
En la red digital pública de banda ancha del futuro, el transporte de paquetes de datos será una componente importante del tráfico total. Estamos yendo rápidamente hacia una sociedad orientada a la información. En el mundo del siglo XXI habrá millones de computadoras de todos tamaños, máquinas de facsímil de alta definición, toda clase de terminales, incluyendo las de datos; oficinas y casas inteligentes; robots controlados por computadoras y muchos servicios y facilidades, incluyendo también la transmisión y recepción de imágenes de video. Y todas estas facilidades y servicios se proporcionarán por medio de la red digital de telecomunicaciones de servicio público. Cada uno de los dispositivos mencionados transmitirá diferentes cantidades de información, a diferentes velocidades y, posiblemente, con diferentes formatos. En este medio de flujo de información de múltiples velocidades con potencial de tráfico de ráfagas, la conmutación rápida de paquetes de datos puede ser la

tecnología apropiada. Los conmutadores utilizados actualmente son de muy baja capacidad y demasiado lentos. Por lo tanto, un ingrediente importante de las Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda Ancha del futuro, serán los conmutadores de muy alta capacidad y de gran rapidez. Por este motivo ya se investigan los conmutadores fotónicos de ondas de luz, que tendrán dos características necesarias: capacidad y rapidez. Se prevé que antes de que termine el presente siglo se tendrán estos conmutadores fotónicos en operación práctica.

Enlaces radioeléctricos de microondas. Enlaces terrestres y espaciales vía satélites de comunicaciones

Se prevé que en los sistemas de telecomunicaciones del futuro se seguirán usando los enlaces de banda ancha de microondas digitalizados. Los enlaces terrestres de microondas, que por varias décadas han sido el medio principal para las telecomunicaciones a largas distancias, se seguirán utilizando por algún tiempo todavía, debido a la facilidad de instalación y su relativo bajo costo.

Por otra parte, los enlaces espaciales de microondas por medio de satélites de comunicaciones, seguirán expandiéndose conforme la tecnología de los mismos siga avanzando. Las próximas generaciones de satélites de comunicación utilizarán el espec-





tro electromagnético más ampliamente y con mayor eficiencia; explotarán, por una parte, bandas más altas y más bajas de dicho espectro, y por otra, utilizarán varias veces la misma frecuencia. Las nuevas tecnologías también incorporarán a los satélites conmutadores muy sofisticados. Por ejemplo, el nuevo satélite INTELSAT VI, lanzado el 27 de octubre de 1990 para INTELSAT desde las instalaciones francesas Ariane, de Kourou, en la Guayana Francesa, pesa aproximadamente 4 toneladas. Es el más grande de la serie y tiene capacidad para manejar 120,000 circuitos telefónicos. El satélite tiene un haz, o rayo, global que cubre el disco completo de la Tierra, el que se ve desde su órbita geoestacionaria a 35,700 Km arriba del ecuador; dos rayos semiglobales, uno que cubre Norteamérica y Sudamérica y el otro Europa y África; y cuatro haces angostos que cubren, cada uno de ellos, una de las 4 zonas siguientes: Europa, África, Norteamérica y Sudamérica. Todos estos rayos operan a 6 Ghz en el enlace de subida hacia el satélite, y a 4 Ghz en el enlace de bajada del satélite a tierra. Aun cuando la asignación de ancho de banda del espectro es solamente de 560 Mhz, la utilización de las mismas frecuencias en los 6 rayos, da un total de 2,646 Mhz, de banda efectiva útil. El INTELSAT VI es el primer satélite comercial de telecomunicaciones con 4 rayos zonales.

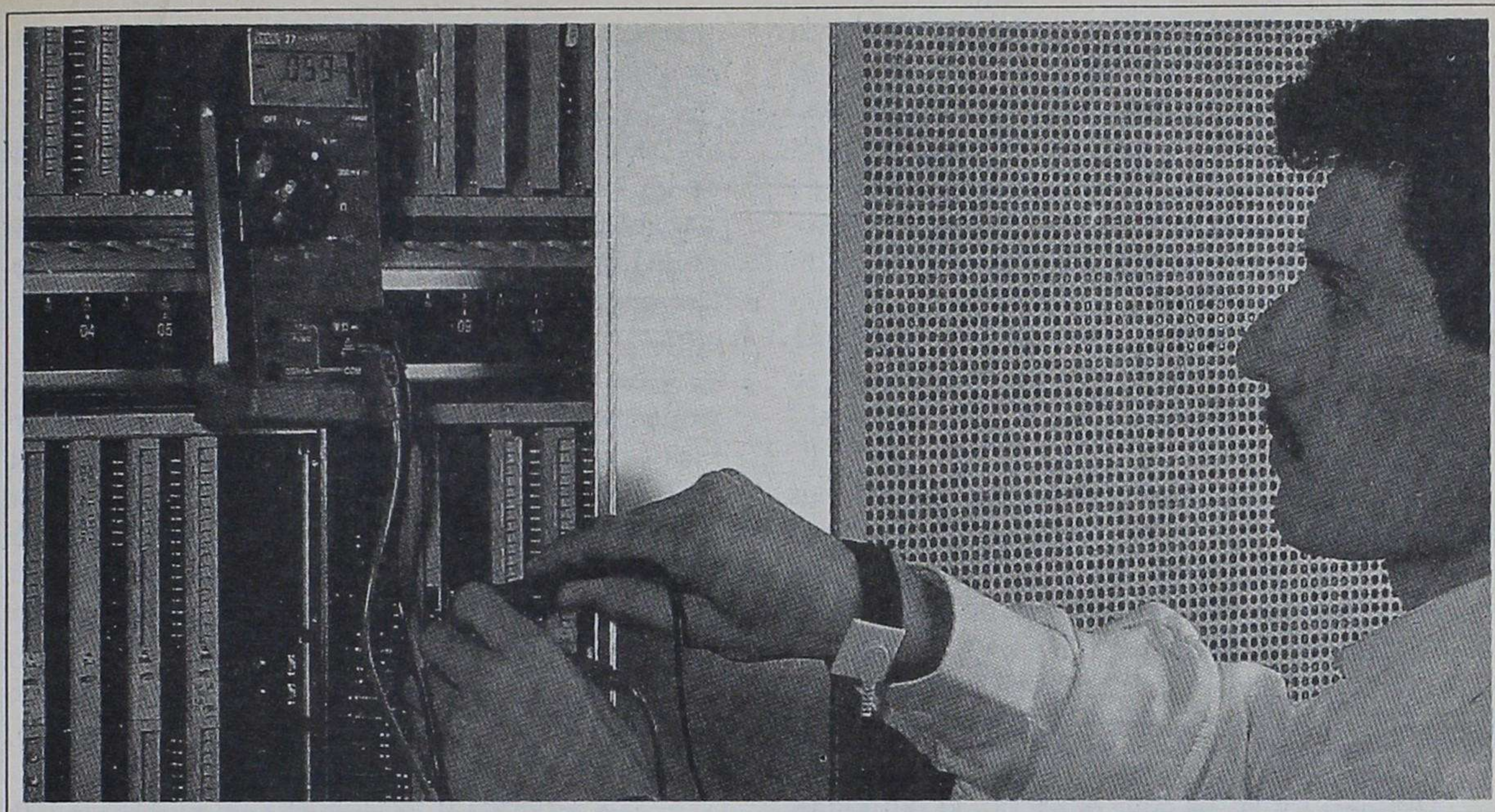
Se están construyendo satélites de telecomunicaciones con rayos tan angostos (0.25 a 1 grado) que sus huellas sobre la Tierra tienen únicamente

uno cuantos cientos de kilómetros de extensión. Varios de tales rayos puntuales, utilizando la misma frecuencia, proveerán 10 o más veces la capacidad de comunicaciones de un solo rayo que cubra la misma región geográfica. Una polarización dual aislará cada rayo de sus vecinos y, en esa forma, se podrá doblar el uso del espectro nuevamente. La capacidad de comunicaciones aumenta más todavía por medio de esquemas poderosos de codificación que logran comprimir la banda requerida para voz, datos, video, y aun música, sin pérdida de calidad. Como resultado de todas estas innovaciones tecnológicas, las terminales terrenas que usan equipo digital de multiplexaje de canales pueden multiplicar su capacidad de canales telefónicos disponibles hasta 5 veces los que podían manejar anteriormente.

También la potencia isotrópica radiada efectiva ha venido incrementándose con cada nueva generación de satélites, por lo que en el futuro se podrán recibir las señales de ellos en terminales terrenas con antenas pequeñas, de menos de 1 metro de diámetro.

En el futuro, decenas de miles de estaciones terrenas estarán enlazadas a redes conmutadas, cada una de ellas controlada por un satélite geoestacionario equipado con conmutación de circuitos, facilidades de conmutación rápida de paquetes de información, regeneración de señales, asignación de tráfico por demanda y con rayos puntuales. Estos nuevos satélites proporcionarán no únicamente los servicios de telecomunicaciones tradicionales — telefonía, datos, facsímil, y distribución de señales de TV—, sino también nuevos servicios, tales como los aeronáuticos y los de telecomunicaciones personales, así como los de teleconferencia y los de radiodifusión y televisión directas. Por otra parte, si varios satélites son puestos en órbita con altitudes menores a 1,600 Km, el retardo de propagación de las señales no será peor que el de los enlaces terrestres.

Todos estos avances tecnológicos, y otros más que se están investigando, revolucionarán las comunicaciones espaciales de manera tan radical como las fibras ópticas están revolucionando las terrestres.



Telefonía móvil universal

Otra de las tecnologías que se está desarrollando y que se podrá poner en servicio en esta década de los noventa es la "Telefonía Móvil Universal". Este servicio se prestará por medio de un aparato telefónico realmente móvil, que permitirá al usuario utilizarlo, además, como una terminal para todo tipo de comunicaciones que se puedan establecer por un canal telefónico. Esta terminal se podrá usar desde cualquier parte donde el suscriptor se encuentre, y se prevé que, eventualmente, remplazará de manera eficaz y eficiente no sólo a la telefonía celular sino, incluso, a las redes telefónicas de pares físicos, tanto dentro de los hogares como en las oficinas y fuera de ellos.

Perspectivas de las telecomunicaciones en México

En México el desarrollo de las telecomunicaciones no ha sido uniforme a lo largo del tiempo; se han tenido épocas de gran actividad y progreso, y períodos, desafortunadamente largos, de estancamiento. Por ejemplo, en la segunda mitad de la década de los años 60, se dio un impulso amplio y uniforme a todas las telecomunicaciones. Durante

ese período se estableció la Red Federal de Microondas, con una longitud de 13,500 Km de rutas, equipadas todas ellas con canales de radio de alta capacidad, aptos para transportar toda clase de señales de servicios de telecomunicaciones: telefonía, telex, telegrafía, transmisión de datos, imágenes de video, etc. Se construyó la Estación Terrena de Tulancingo para comunicaciones espaciales internacionales, vía satélites comerciales del consorcio internacional de telecomunicaciones, INTELSAT. Se instauró la Red de Estaciones Costanera, para servicios marítimos, y el Telex creció mas de 200%. Al mismo tiempo, TELMEX expandió también su red de microondas y le dio un gran impulso a sus plantas telefónicas locales.

En la siguiente década el ritmo de desarrollo decreció notablemente, en promedio. Unicamente siguió ampliándose la planta telefónica de Telmex, que tuvo tasas de crecimiento relativamente altas. Luego, la tasa de crecimiento bajó sensiblemente en la década de los años 80, y se descuidó en forma notable el mantenimiento de las instalaciones, lo cual hemos sufrido todos los usuarios de los servicios de telecomunicaciones. En esa década de los 80 hubo, sin embargo, un logro importante: el establecimiento del sistema de satélites Morelos, para comunicaciones domésticas, en el año de 1985.

Otro hecho importante ocurrido en 1985 fue la decisión que tomó TELMEX de que todas las nuevas centrales de conmutación que se adquirieran en el futuro fueran digitales, y esta decisión implicó además, que se deberían digitalizar sus redes locales y de larga distancia. Por lo tanto, desde entonces se empezaron a estudiar y establecer programas para la digitalización de sus sistemas, con la meta de establecer una "Red Digital Inteligente" como primer paso, la cual servirá de base para que, posteriormente, se establezca una Red Digital de Servicios Integrados.

Los únicos servicios de telecomunicaciones que han tenido un desarrollo relativamente intenso en las últimas décadas son los de radiodifusión y de televisión. Se planea la introducción de la televisión de alta definición (TAD) para 1992. Y se estudia, también, la posibilidad de establecer para el futuro, la radiodifusión directa por medio de satélites.

Después de la década de los 60, la red Federal de Microondas ha crecido muy poco, alrededor del 10%, y actualmente presenta problemas de obsolescencia, de saturación y de mantenimiento.

La Red Nacional Télex presenta problemas de saturación, o de porcentajes muy elevados de ocupación en algunas de sus centrales. Además, la falta de líneas privadas para los nuevos solicitantes del servicio es otra de las limitaciones principales para el mejor aprovechamiento de la capacidad instalada, así como para su desarrollo futuro.

La política del gobierno actual en materia de telecomunicaciones es la de liberalizar los servicios, con el fin de que empresas privadas puedan obtener permisos o concesiones para prestarlos. El propósito es inyectar nuevos recursos financieros que los mejoren en todos sentidos, tanto tecnológicamente, como en calidad y confiabilidad. Los primeros pasos en este sentido se dieron al otorgar concesiones para el servicio de radiotelefonía móvil en la zona metropolitana del Valle de México a dos empresas particulares.

También se tomaron las decisiones de descentralizar los servicios que venía proporcionando la SCT, creando la empresa TELECOM; la privatización de TELMEX; y la de concesionar la prestación de los servicios de telefonía celular, dividiendo la república en ocho zonas, con objeto de evitar que

una sola empresa monopolicé estos servicios en todo México.

Dentro del proceso de liberalización también se ha incluido la prestación de servicios de telecomunicaciones vía satélite, por medio de empresas particulares. Actualmente se han otorgado concesiones a dos compañías.

Se espera que con todas estas medidas se introduzcan nuevas tecnologías y se mejoren los servicios de telecomunicaciones en todos sentidos. De acuerdo con la nueva política, hay esperanza de que, para el próximo siglo, tengamos servicios de telecomunicaciones de buena calidad y confiables; y no únicamente los tradicionales que se prestan actualmente, sino una gran variedad de nuevos y sorprendentes, que harán más cómoda y placentera la vida de toda la sociedad.

Los servicios y facilidades que el gran potencial de las tecnologías de las telecomunicaciones modernas pueden proporcionar a la administración pública, a la privada, y a la sociedad en general, para facilitarles sus tareas y hacerlas más productivas son muchos y variados. Además, estos mismos servicios y facilidades pueden coadyuvar a resolver problemas graves que no se han podido solucionar por los métodos tradicionales, como por ejemplo el de la contaminación atmosférica producida por los vehículos de motor de combustión, que nos está envenenando a todos; el de la circulación vial de esos mismo vehículos y los congestionamientos de tránsito, que tantas molestias causan a la sociedad y que producen graves perjuicios a la economía; el de los gastos tan altos en energéticos —debido a la misma gran circulación de automóviles y camiones—; el de la pérdida inútil de tiempo al viajar de un sitio a otro, etc.

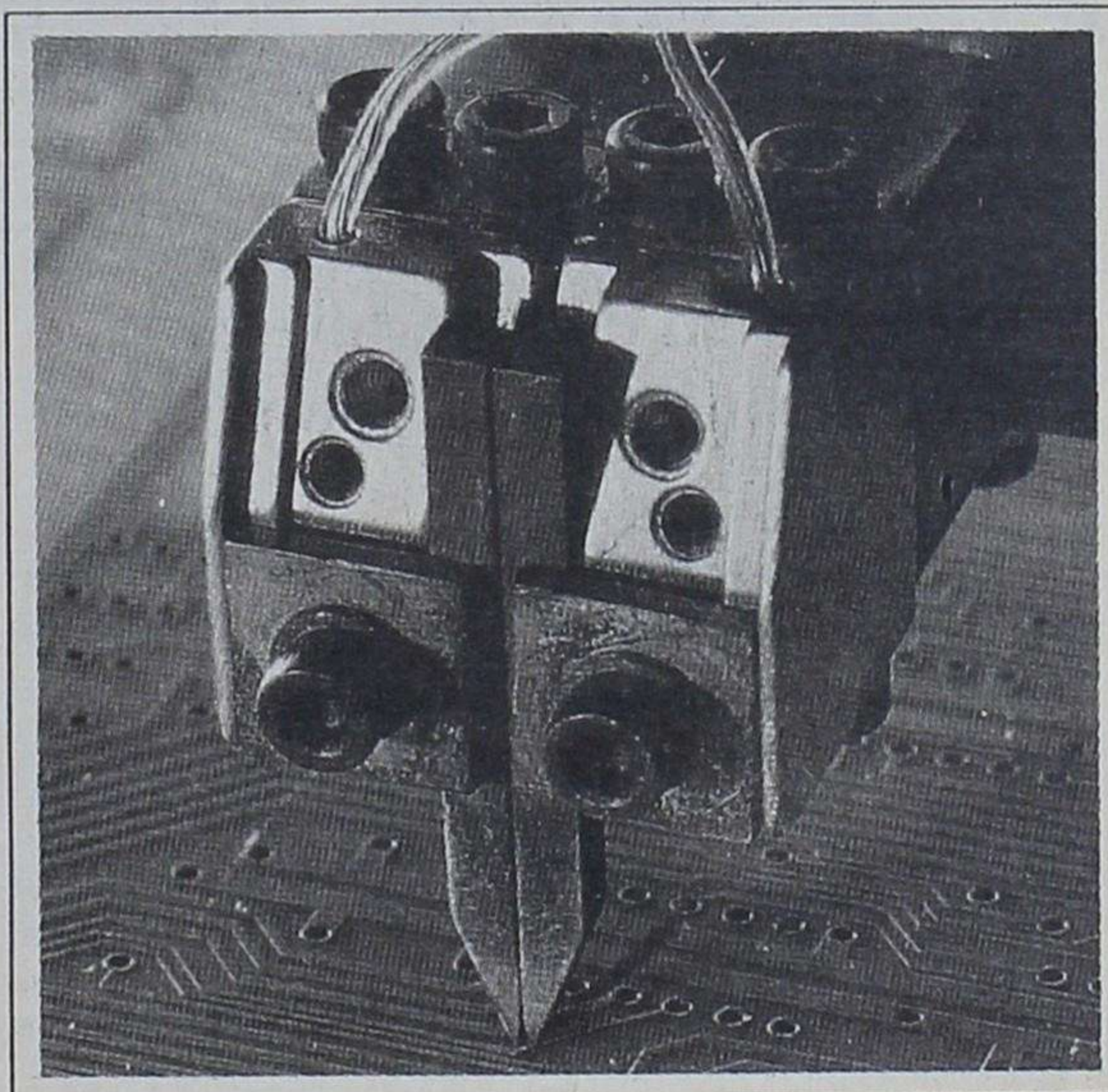
Algunos de los servicios posibles que esperamos tener en los próximos años, para tener más comodidades y solucionar problemas como los mencionados son, por ejemplo:

— Servicios educacionales y científicos: Bases compartidas de datos bibliográficos; enciclopedias en línea, educación a distancia, por ejemplo en casa; traducción automática de idiomas; facilidades para conducir investigación científica y tecnológica en colaboración, y a distancia, etc.

- Servicios médicos: Servicios médicos a distancia, y servicios de monitoreo de emergencia. Diagnóstico en línea, con transmisión de electrocardiogramas y encefalogramas, etc.
- Servicios residenciales: Transacciones bancarias y compras desde las casas, servicios de seguridad, oportunidades de trabajo a distancia — por ejemplo, desde las propias casas- servicios de conciertos, teatro, cine, en casa; servicios de telemedición de medidores de electricidad y gas, etc.
- Otros servicios: Trámites oficiales desde las casas y oficinas, etc., sin tener que desplazarse a las oficinas públicas. ❁

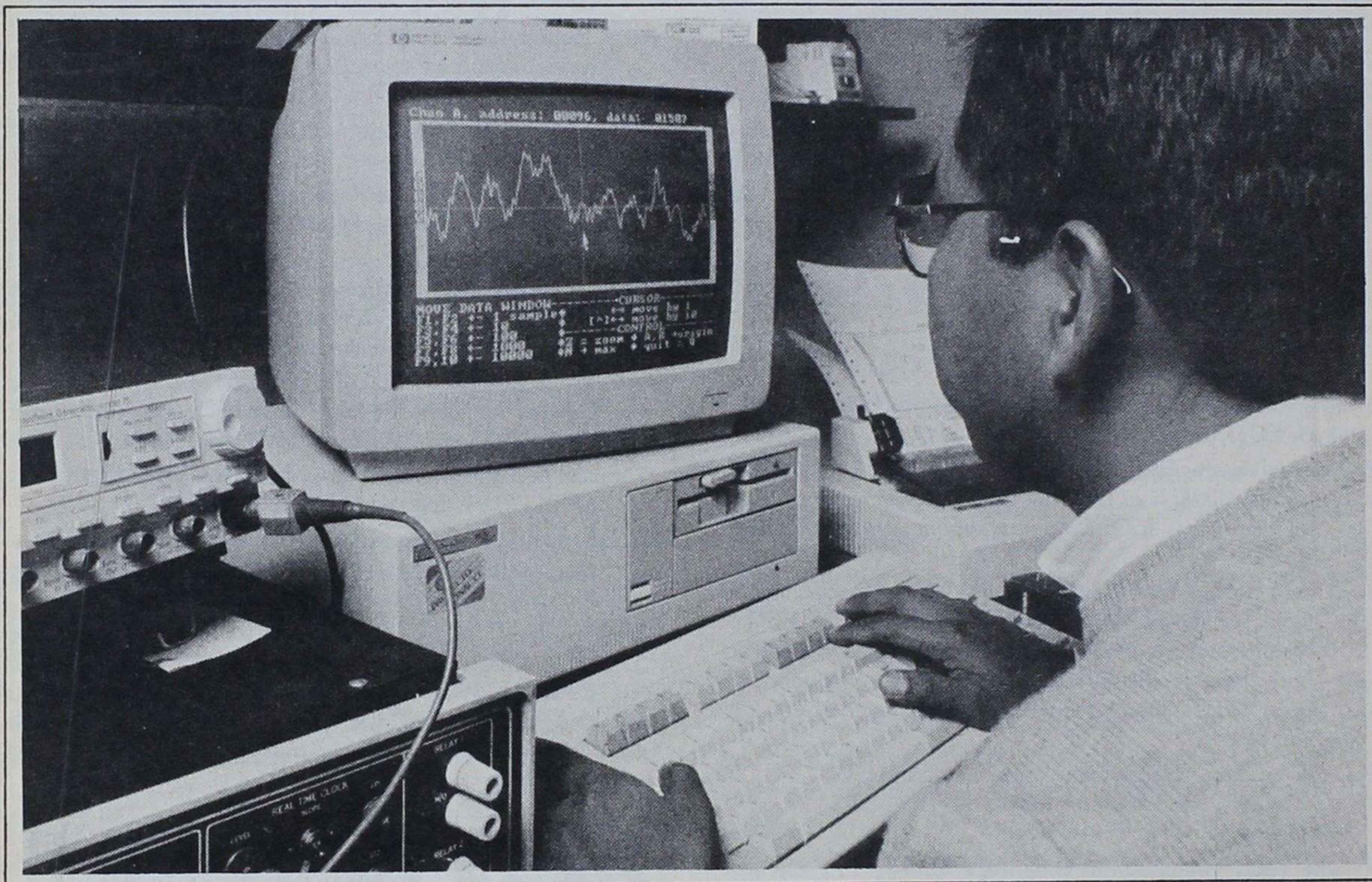
Bibliografía

1. S. Joseph Campanella, "Satellite Communications", *IEEE SPECTRUM*, Agosto de 1990, Pág. 49.
2. Koichi Asatani, Keith R. Harrison, Ralph Ballart, "CCITT Standardization of Network Node of Synchronous Digital Hierarchy", *IEEE Comm. Magazine*, Agosto de 1990, Vol. 28, No. 8.
3. Richard Balcer, John Eaves, Jacques Legras, Robert Melinck, Tin Wright, "An overview of Emerging CCITT Recommendations for the Synchronous Digital Hierarchy: Multiplexers, Line Systems, Management, Network Aspects", *IEEE Comm. Magazine*, Agosto de 1990, Vol. 28, No. 8.
4. Daryl J. Eigen, "Narrowband and Broadband ISDN CPE Directions", *IEEE Comm. Magazine*, Abril de 1990, Vol. 28, No. 4.
5. Iwao Toda, "Migration to Broadband ISDN", *IEEE Comm. Magazine*, Abril de 1990, Vol. 28, No. 4.
6. Richard K. Sonbling, Jess Chernak, Kathy Wilson Kaplan, "Future Fiber Access Needs and Systems", *IEEE Comm. Magazine*, Abril de 1990, Vol. 28, No. 4.
7. H. Scott Hinton, "Photonic Switching Fabrics", *IEEE Comm. Magazine*, Abril de 1990, Vol. 28, No. 4.
8. Trudy E. Bell, "Telecommunications", *IEEE SPECTRUM*, Febrero de 1990.
9. Matthew S. Woodman, "Multiwavelength Networks and New approaches to Packet Switching", *IEEE Comm. Magazine*, Octubre de 1989, Vol. 27, No. 10.
10. Haim Kobrinski and Kwok-wai Choung, "Wavelength — Tunable and Single— Frequency Semiconductor Lasers for Photonic Communications Networks", *IEEE Comm. Magazine*, Octubre de 1989.
11. Steven E. Minzer, "Broadband ISDN and Synchronous Transfer Mode (ATM)", *IEEE Comm. Magazine*, Septiembre de 1989, Vol. 27, No. 9.
12. Bailey M. Geeslin, "Funding The Future Telecommunications Infrastructure", *IEEE Comm. Magazine*, Agosto de 1989, Vol. 27, No. 8.
13. K.M.Sundara Murthy, Kenneth G. Gorden, "VSAT Networking concepts and New Applications Development", *IEEE Comm. Magazine*, Mayo de 1989, Vol. 47, No. 5.
14. Ralph Ballart, You-Chau Ching, "SONET: Now it's The Standar Optical Network", *IEEE Comm. Magazine*, Mayo de 1989, Vol. 27, No. 3.
15. Stuart S. Wagner, Haim Kobrinsky, "WDM Applications in Broadband Telecommunications Networks", *IEEE Comm. Magazine*, Mayo de 1989, Vol. 27, No. 3.
16. J. Suárez Díaz, "Telecomunicaciones y Urbanismo. Descentralización e Integración", Foro Popular sobre Telecomunicaciones, SCT, Enero de 1989.
17. Trudy E. Bell, "Telecommunications", *IEEE SPECTRUM*, Enero de 1989.
18. Suárez Díaz, Jorge, "Las Telecomunicaciones y el Urbanismo", conferencia en el Colegio de Arquitectos de México. Octubre de 1988.
19. F. Michael Naderi, William W. Wu, "Advanced Satellite Concepts for Future Generations VSAT Networks", *IEEE Comm. Magazine*, Septiembre de 1988, Vol. 26, No. 9.
20. T. Nakagami and T. Sakurai, "Optical and Optoelectronic Devices for Optical Fiber Transmission Systems", *IEEE Comm. Magazine*, Enero de 1988, Vol. 26, No. 1.
21. Sushil N. Pandhi, "The Universal Data Connection", *IEEE SPECTRUM*, Julio de 1987, Vol. 24, No. 7.
22. E.P. Gould, C.D. Pack, "Communications Network Planning in the Evolving Informations Age", *IEEE Comm. Magazine*, Septiembre de 1987, Vol. 25, No. 9.
23. Suárez Díaz, Jorge, "El Impacto de las Telecomunicaciones en el Desarrollo Urbano", Conferencia en el Ciclo de Conferencias sobre Planeación del Valle de México, División de Postgrado de la FI de la UNAM.
24. Gadi Kaplan, "Japan's Informations Network System", *IEEE SPECTRUM*, Mayo de 1984, Vol. 21, No. 5.



Estado actual y futuro de la industria electrónica

Los aparatos electrónicos de comunicación, de cómputo y de producción industrial son en gran medida la causa del actual proceso de globalización de la industria, las finanzas y la cultura, en el que participan todos los países, independientemente de su nivel de desarrollo económico.



Rodolfo Antonio Quintero Romo

Bosquejo de la industria electrónica en el mundo

La industria electrónica (IE) ha sido considerada estratégica en muchos países de todos los niveles de

desarrollo. Puede dividirse en dos grandes ramas, profesional y de consumo. La profesional o de bienes de capital tiene que ver con productos como computadoras, equipo de comunicaciones, instrumentos de medición, robot y circuitos integrados. La de consumo, con receptores de televisión, videograbadoras, etc.

El M. en C. Rodolfo Antonio Quintero Romo es ingeniero en comunicaciones y electrónica de la ESIME-IPN y maestro en ciencias (Ingeniería Eléctrica) de la Universidad del Noreste, Sendai, Japón. Es profesor Auxiliar de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV. Su campo de investigación es la modelización de dispositivos con semiconductores y de circuitos electrónicos de potencia.

La electrónica profesional ha sido apoyada ampliamente por los gobiernos porque de ella dependen la productividad industrial y equipos militares, ya que conforme disminuye la ganancia en productividad obtenible a través de capital adicio-

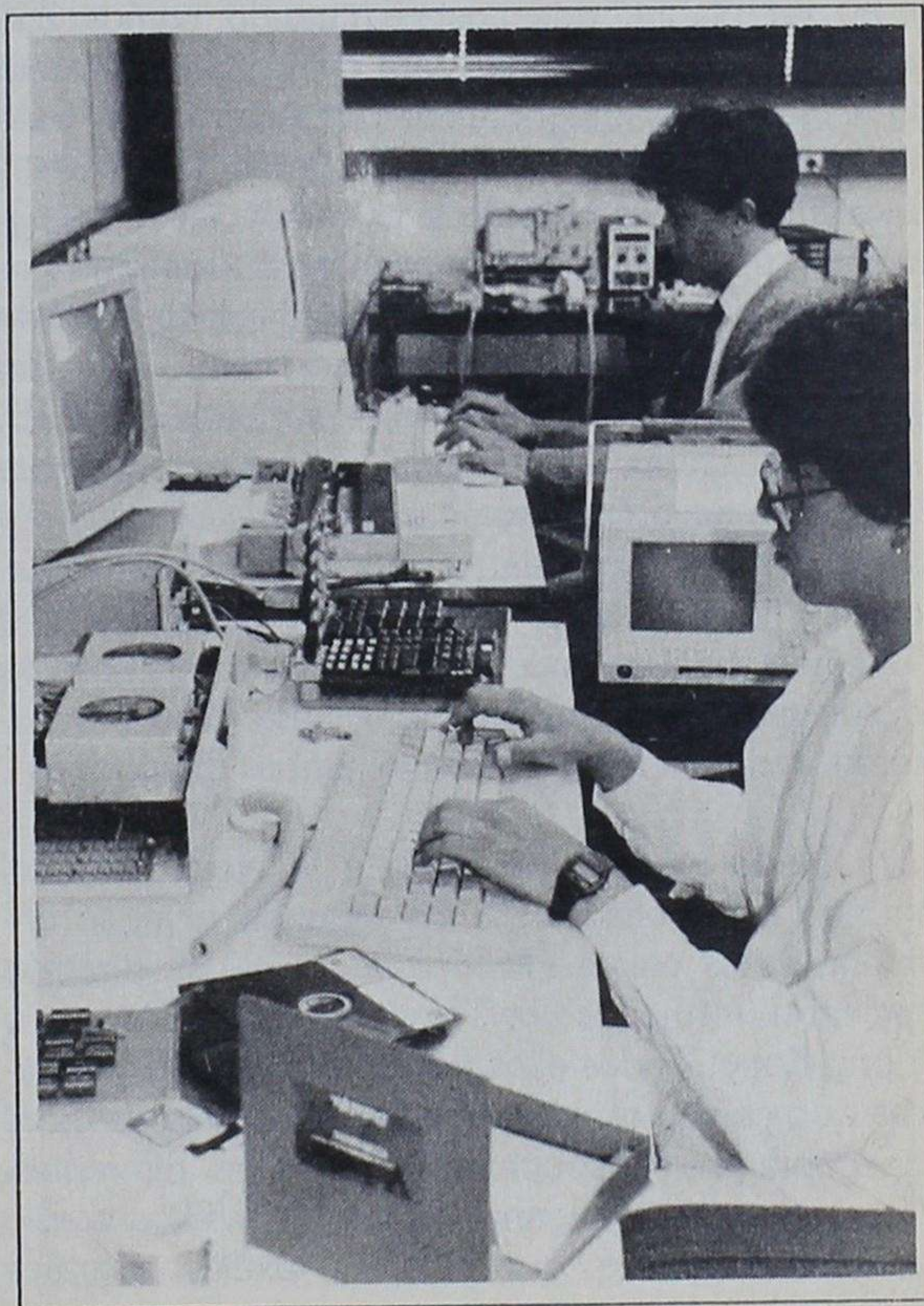
nal, se recurre al desarrollo de nuevos bienes de capital, para los que la electrónica es esencial. Es pertinente prestar especial atención a los circuitos integrados (CI), pues han estado al centro de todos los desarrollos importantes. El microprocesador, corazón de las computadoras personales (CP), es un CI, y el CI un conglomerado de transistores, que al presente llega a un millón, concentrados en un volumen de 1cm por 1cm por 0.5mm. La fabricación de CI es una industria intensiva tanto en capital como en investigación y desarrollo (IyR), en constante evolución. Las primeras compañías, a principios de los años 60, se iniciaron con capitales de 1 a 3 millones de dólares (MDD). En 1980 ya se requerían 50 MDD, y actualmente 200 MDD es el costo mínimo de una planta. Estas plantas se ven acosadas por la rápida obsolescencia, por un lado, y un mercado fraccionado, fluctuante, y difícil de predecir por el otro.

La otra gran rama de la IE, la de consumo, también es impulsada por la innovación tecnológica, estrategia mediante la cual se evita la saturación de mercados, y se discrimina a la competencia. El ciclo de los productos es cada vez más corto. El proceso de fabricación puede dividirse en 3 etapas: la concepción, con fuertes requerimientos de IyD e ingeniería; la producción de los componentes, intensiva en capital; y finalmente la prueba de los componentes y ensamblado del producto final, intensivas en mano de obra. La reducción del número de componentes mediante el uso de CIs hizo a la tercera etapa más costosa que la segunda, y propició que la tercera pasara a los países subdesarrollados, a las denominadas maquiladoras. Es ésta una industria de competencia despiadada tanto en cuanto a innovación como a precios, en la que dominan unas cuantas grandes compañías integradas verticalmente. Para competir, se requieren grandes economías de escala, ya que, por ejemplo, una planta de televisores debe producir 400,000 aparatos al año para ser competitiva, y una de cinescopios al menos un millón.

El bosquejo de la IE no sería completo sin una descripción somera de estrategias diversas seguidas en los países industrializados. La electrónica profesional preocupa directamente a los gobiernos. En los EUA, un país de los más liberales, se ha promovido mediante contratos militares y espaciales. En el otro extremo del mundo capitalista avanzado, en

Francia, se ha apoyado además en las grandes industrias avanzadas propiedad del estado. En los países sin régimen de propiedad privada, hasta antes de los grandes cambios políticos iniciados en 1989, el estado había sido el centro de toda actividad económica, si bien podía distinguirse entre aquellos como la URSS en donde en general el avance tecnológico estaba determinado por la oferta, como corresponde a una economía planificada, y Rumania, un caso especial en el que la industria (incluyendo la IE) y su desarrollo eran impulsados por la demanda, como en los países capitalistas. Hasta 1989, la electrónica de estos países era considerablemente inferior a la de los capitalistas, si bien es de esperarse un avance extraordinario en un futuro cercano.

El desarrollo y adquisición de tecnología son extremadamente importantes para la IE, sobre todo para aquellas empresas dedicadas a la electrónica militar, como la Northrop, de EUA, que reinvierte el 59.6% de sus ventas en IyD, mientras que las compañías menos ligadas al desarrollo de armamentos, como la National Semiconductor, de EUA, llegan a



reinvertir hasta un 20%. La fuente tradicional de tecnología, las patentes, sigue siendo utilizada, si bien ha perdido importancia, en comparación con las licencias. Un método más espectacular es la compra de compañías. Por ejemplo, la compañía francesa Groupe Bull compró la Zenith Data Systems en 1989, en 500 MDD, y es ahora responsable del mercadeo y desarrollo de computadoras personales de la Bull. Si bien la ley de los EUA es bastante flexible, en ocasiones estas operaciones no son permitidas, como fue el intento de compra por parte de la compañía de computadoras Fujitsu, de la de semiconductores Fairchild Semiconductors. También se puede adquirir tecnología a través de la inversión de capital de riesgo. De hecho, es así como surgieron las primeras compañías de semiconductores. Muchas compañías en los EUA, aún extranjeras, hacen en la actualidad este tipo de inversión; por ejemplo, la compañía Kubota, fabricante de tractores, ha invertido en los últimos 4 años 200 MDD en compañías con productos nuevos. Otro mecanismo de transferencia es el de "joint venture", como la compañía establecida conjuntamente entre el fabricante de computadoras personales Acer Taiwán y Texas Instruments de los EUA. La planta, que costará cuando menos 250 MDD, fabricará memorias para computadora, y será financiada casi íntegramente por Acer. Es un trato en el que Acer adquiere asistencia técnica, y Texas Instruments, a cambio de la asistencia, la copropiedad de una planta con una inversión mínima. Las presiones para recurrir a cualquier medio a fin de incrementar la competitividad son tales, que aun IBM, que insistía en el pasado en ser propietario absoluto, al grado de que optó retirarse de la India antes que aceptar un socio mayoritario hindú como lo requería la ley de aquel país, tiene ahora un pequeño "joint venture" con Nippon Telephone and Telegraph, y desarrolla conjuntamente con Toshiba desplegados de cristal líquido. En este caso la transferencia de tecnología se da en ambas direcciones.

Hasta aquí se ha descrito la electrónica del mundo desarrollado. En un segundo nivel se encuentran los países PIR (países de industrialización reciente), formados por Taiwán, Corea, Singapur y Hong Kong. Todos ellos tienen industrias electrónicas que crecen rápidamente, aunque bajo sistemas de gobierno y estructuras industriales diferentes. Un ejemplo de la pujanza de los PIR es el consorcio coreano Samsung, que produce textiles, aparatos

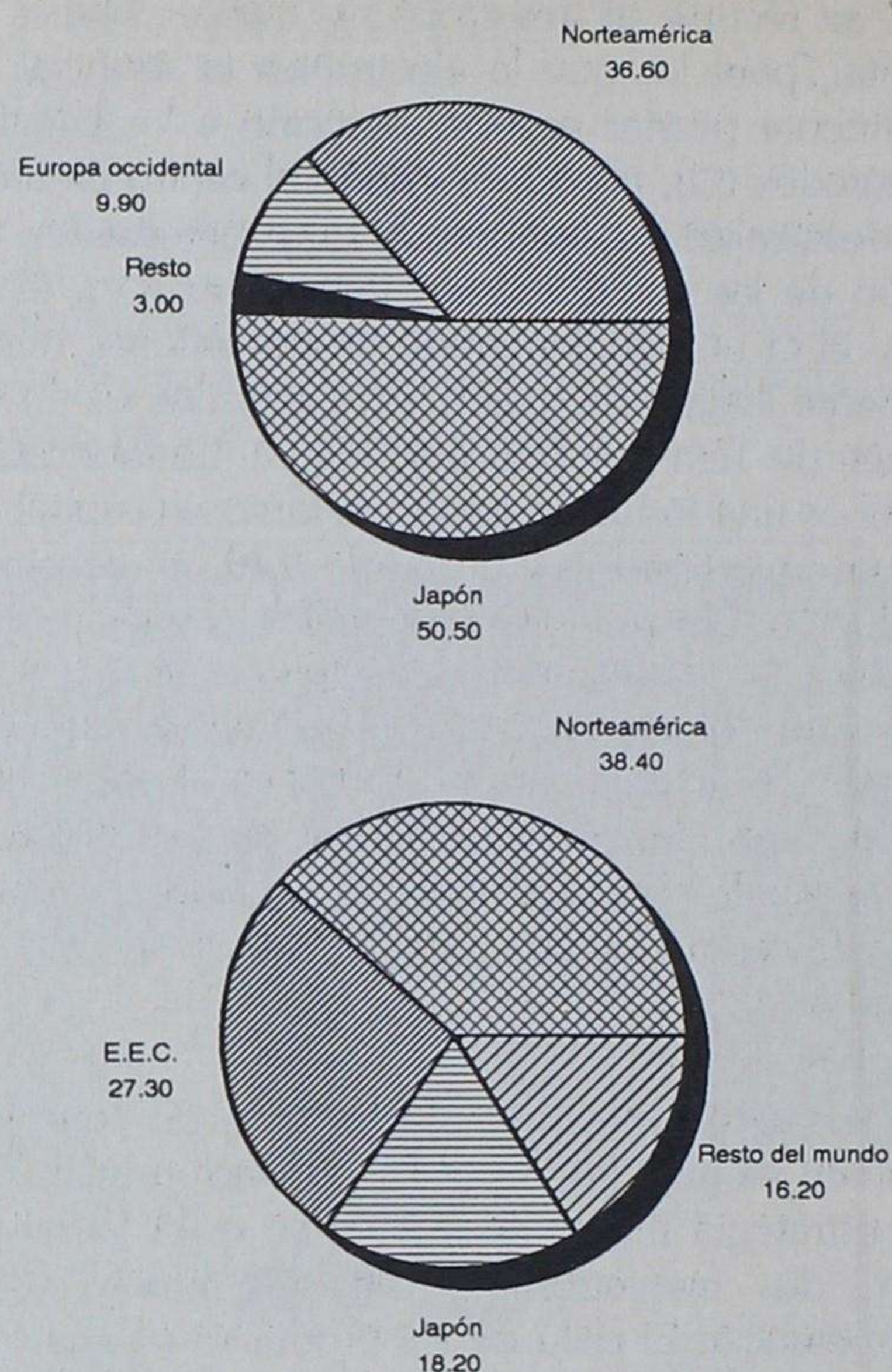
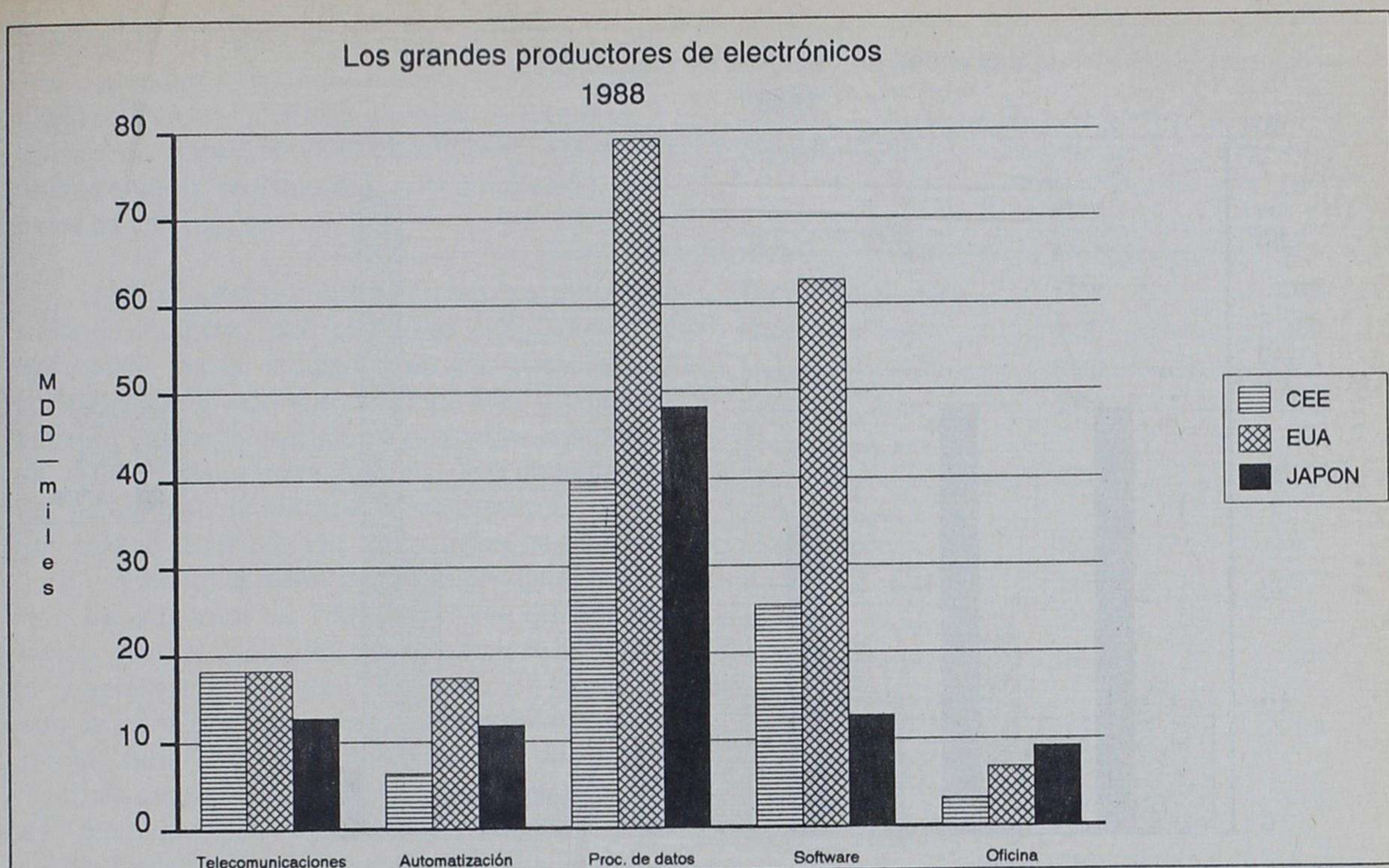


Figura 1. (a) Producción de semiconductores (50,800 MDD en 1988). (b) Producción mundial de electrónica y software (787,800 MDD en 1988).

electrónicos, instrumentos electrónicos entre otros muchos productos, laboran en ella 150,000 empleados, vendió 40,000 MDD reinvertió 600 MDD y tuvo ganancias netas de 233 MDD en 1989. Samsung Electronics, por su parte, reportó en 1988 ventas por 4400 MDD y ganancia neta de 149 MDD. Aunque es ésta la compañía coreana más grande, existen otras como Hyundai y Goldstar, de corte similar por el gran tamaño y nivel de integración de sus productos.

Estrategias nacionales de desarrollo de la industria

Estados Unidos de América. La microelectrónica en los EUA surgió de los proyectos espaciales y militares, y las aplicaciones comerciales fueron consecuencia indirecta de los mismos. Al terminar los grandes proyectos espaciales en los años 70, y con



el opacamiento de los militares por el fracaso en Vietnam, comenzó a disminuir la supremacía de los EUA, y a surgir Japón. En 1987, Japón había ya logrado clara ventaja en muchas tecnologías de fabricación, y en productos como memorias, y consiguientemente tenía ya 30% del mercado

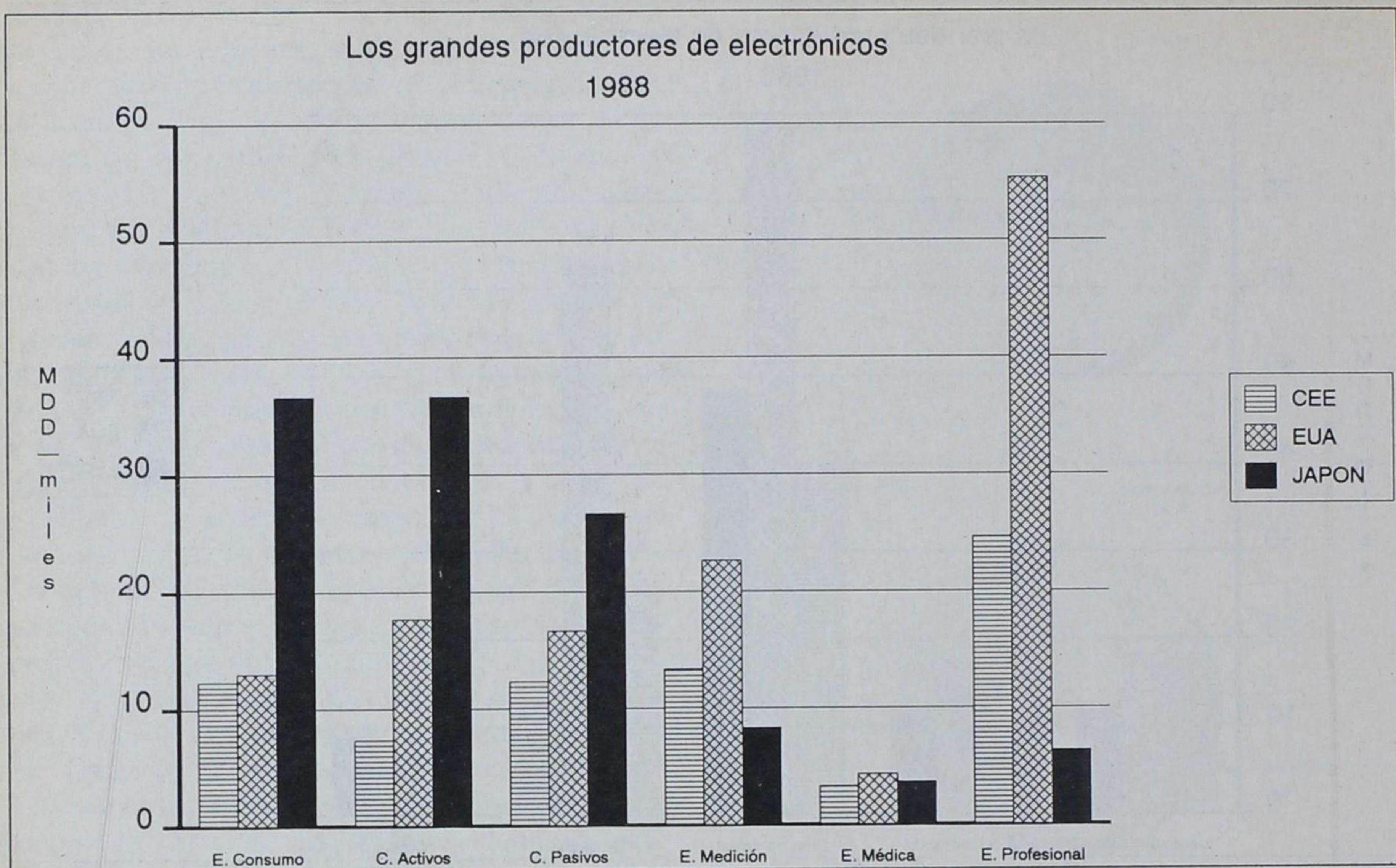
mundial, aunque los EUA seguían teniendo casi el 50%. Los EUA, para defenderse, han recurrido al proteccionismo, como la firma de un pacto EUA-Japón en 1986, en el que el Japón se comprometía a no practicar más el "dumping", y a elevar la participación de los EUA en el mercado japonés a al me-

Tabla 1. Las diez compañías de electrónica más grandes del mundo.

		Ingreso (MDD)	Ingreso por empleado (dólares)	Porcentaje de ingresos reinvertido	Porcentaje de ingresos invertidos en IyD
1	IBM	62710	163650	21.1	10.9
2	Matsushita	27313	191591	11.5	5.8
3	NEC	21799	190216	27.0	16.1
4	Philips NV	21078	88558	13.5	8.0
5	Siemens	20290	89477	18.0	11.2
6	Toshiba	19107	189515	15.1	6.3
7	Hitachi	17900	154472	15.4	6.1
8	AT&T	16586	127379	21.8	7.3
9	Fujitsu	16138	140330		
10	Sony	14760	190658	17.1	5.7

Las compañías de electrónica más grandes del tercer mundo

31	Samsung	5954	138457	21.1	
58	Goldstar	2863	118855	16.3	4.7
84	Daewo	1779		2.3	



nos el 10% del mismo. En 1987, en medio de una crisis de mercado, los EUA impusieron barreras arancelarias a productos electrónicos japoneses. Conforme amainó la crisis, las barreras se diluyeron. Estas medidas defensivas no son bien vistas ni en los EUA, pues afectan también a compañías locales por los fuertes lazos comerciales con el Japón. Para competir mediante avances tecnológicos y mejores métodos de producción, se estableció el consorcio de 1000 MDD Sematech, entre gobierno e industria. Otras acciones ofensivas, aunque de menor magnitud, son el tratado de colaboración entre Texas Instruments e Intel para producir circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC) y la compra de Fairchild por parte de National Semiconductors, con lo que se convierte en la sexta compañía del mundo. No obstante estas acciones, la industria de los EUA no puede al presente coordinar una ofensiva tan grande como es requerida.

Japón. Se inició en la electrónica de consumo, a la que el gobierno consideró estratégica, en las décadas de los 50s y 60s. El gobierno ha jugado el papel de gran concertador a través del Ministerio de Comercio e Industria Internacionales (MITI), que ha mediado en proyectos de crucial importancia re-

alizados en colaboración por diversas industrias, como el programa de LSI (large scale integration) al principio de los años 70 y el de VLSI (very large scale integration) al final de los años 70. En la actualidad las tres compañías de semiconductores más grandes del mundo NEC, Toshiba y Hitachi, son japonesas.

Los PIR. Son un caso que merece especial atención por el vertiginoso crecimiento que han experimentado durante los últimos 20 años, en el que el estado ha sido protagonista central. Taiwán y Corea del Sur son países que se caracterizan por gobiernos fuertes, con gran autonomía para la toma de decisiones, que han estado comprometidos por décadas con el desarrollo de la industria, y por otro lado por una burguesía poderosa económicamente fuerte pero dependiente del estado. En estos países el estado negocia en el extranjero, en beneficio de las compañías nacionales. Las compañías pequeñas y medianas han dependido de las compañías comerciales patrocinadas por el estado, y en Taiwán la Corporación China de Desarrollo Comercial ayuda a los exportadores con publicidad en el extranjero, ferias comerciales, etc. Por otro lado, los sistemas financieros controlados por el estado

han jugado un papel importante, pues las compañías dependen mucho del crédito. Los organismos públicos ejercen influencia a través de subsidios, licencias de importación y exportación, aplicación discrecional de reglamentos, subcontratación, controles de cambio, etc.

En Corea del Sur el estado tiene tal autoridad sobre la industria, que promovió exitosamente la unificación de la industria pesada, para reducir competencia y sobreproducción. Ha promovido también la reorganización de pequeñas compañías en estratégicas y exportadoras. Frecuentemente, hay tal afinidad de intereses entre gobierno y privados que la distinción de los papeles jugados por unos y otros no es clara. Respecto al capital extranjero, los gobiernos de Taiwán y Corea del Sur han tenido siempre capacidad negociadora para restringir y administrar el capital extranjero. En Corea del Sur, se permiten subsidiarias con capital completamente extranjero solo en casos excepcionales, mientras que en Taiwán se insiste en "joint ventures". En algunos casos en los que el capital privado nacional resulta insuficiente, el estado ha participado como coinversionista con el capital extranjero, y ha evitado así la inversión extranjera directa. En algunos casos, también, se han impuesto al capital extranjero consideraciones de desarrollo.

México. La IE en México ha tenido un desarrollo considerablemente menor. El mercado de la electrónica de consumo de México fue cubierto hasta principios de los años 80 casi totalmente por compañías nacionales y extranjeras que producían bajo el esquema de sustitución de importaciones. A partir de la crisis de 1982, empezó a sufrir serios deterioros, agudizados por la apertura comercial de 1985 y la reciente eliminación de los permisos previos de importación, que la han llevado a su virtual extinción. En 1988, la balanza comercial de esta industria registró un déficit de 230 MDD. Las industrias de electrónica de consumo, a pesar de que algunas de ellas eran bastante grandes, eran vulnerables por su escaso nivel de integración, pues importaban muchos componentes complejos como cinescopios y sub-ensambles como tocacintas de audio. La producción de éstos es intensiva ante todo en capital. Aunque los desajustes económicos y los posteriores cambios de política precipitaron su caída, dichas industrias se habrían visto posteriormente en dificultades, debido a las enormes presio-

Tabla 2. Los quince más grandes proveedores de semiconductores en el mundo.

Compañía y País	Entradas por ventas, 1989 MDD	Porcentaje de cambio desde 1988
NEC Corp., Japón	4964	9.0
Toshiba Corp., Japón	4889	11.2
Hitachi Ltd., Japón	3930	12.0
Motorola Inc., EUA	3322	9.5
Fujitsu Ltd., Japón	2941	12.8
Texas Instruments Inc., EUA	2787	1.7
Mitsubishi Electric Corp., Japón	2629	13.7
INTEL Corp., EUA	2440	3.8
Matsushita Electric, Japón	1871	-0.6
NV Philips, Holanda	1690	-2.8
National Semiconductors, EUA	1618	-1.9
SGS-Thompson Group, Francia-Italia	1301	19.7
Samsung Group, Corea del Sur	1284	41.9
Sharp Corp., Japón	1230	18.7
Siemens AG, RFA	1134	61.1

nes ejercidas mediante la constante innovación y el abatimiento de costos por parte de las compañías líder. A la vez que decaía la de consumo, surgieron otras industrias, las de informática entre otras. Esta industria, que produce las computadoras personales, presenta el mismo problema de integración, pues como en el caso de la electrónica de consumo, la producción de los componentes que habría que producir para aumentar el grado de integración son intensivos en conocimiento y capital.

La computadora personal tiene por lo general subensambles de diversas empresas; esto ha hecho rentable hasta la fecha ensamblar computadoras en pequeños volúmenes, en fábricas intensivas en mano de obra pero no en capital. La producción de un subensamble como un monitor de computadora, en cambio, es intensiva en capital. También han surgido algunas pequeñas empresas intensivas en conocimiento, de un nicho de mercado muy particular, posiblemente detectado por ellas mismas. Esto se puede dar con cierta facilidad si la no-

vedad es expresable en "software", pues su explotación no es intensiva en capital. En 1989, según estimaciones, Printaform, compañía mexicana, tuvo el 42% del mercado de PCs nacional, mientras que sus más cercanos competidores (IBM y Hewlett-Packard), tuvieron el 16.5 y el 14.5% respectivamente. Las que más exportan, sin embargo, son las compañías de capital 100% extranjero, que entre todas acaparan el 92.7% del total nacional: IBM (380 MDD), Hewlett-Packard (100 MDD) y Unysis (24 MDD), en 1989. El proceso productivo de estas compañías extranjeras es básicamente de ensamblado, y están poco vinculadas con las cadenas productivas nacionales. Algunas de ellas, sin em-

bargo, tienen programas para el desarrollo de proveedores locales.

Las maquiladoras son fábricas extranjeras, casi todas de los EUA, que operan bajo permiso especial en zonas determinadas para aprovechar que en ellas el sueldo mínimo por hora es de 0.86 dólares/hora, diez veces menos que en EUA. En su mayoría se dedican a la IE. Son muy importantes por el número de trabajadores y las divisas que se ganan. En 1989 empleaban a más de 460 mil trabajadores en todo el país, especialmente en la frontera norte, e ingresaron al país más de 2900 MDD. Sin embargo, su arraigo en el país es aún más tenue

RIGHT NEXT DOOR vs. OFFSHORE



**Don't Miss An Important Seminar On Contract Manufacturing and Shelter Programs In Mexico.
November 15 & 16 in El Paso, Texas. Call Chuck Dodson for details.**

**If you're trying to cut your production costs,
Mexico beats the Far East by 10,000 miles.**

que el de las de capital 100% extranjero, como lo demuestra el que, en promedio, sólo el 2% de sus insumos son nacionales.

Comentario

Los EUA, país bastante liberal, es una arena en donde contienden, además de los propios EUA, Japón, Europa Occidental y los PIR. Se compite con bastante libertad, aunque si la industria entra en crisis se desata el proteccionismo, temporalmente. Se lucha por mercados y también por tecnología. En el otro extremo, los PIR tienen una estructura similar a la de una empresa, en donde los respectivos gobiernos hacen el papel de gerencia.

La IE de Mexico, por otro lado, transita actualmente de su estrategia de décadas de sustitución de importaciones hacia el liberalismo. Este cambio es considerado ya por muchos, y desde luego por el gobierno, como prerequisite para el éxito. Cabe observar sin embargo, que la experiencia de los PIR sugiere que una estructura interna cerrada podría ser la mejor estrategia cuando se es inicialmente débil y no se tiene suficiente capital local. El éxito de los PIR y del mismo Japón, no ha sido, en lo interno, resultado del libre juego de las fuerzas de mercado, aunque si han sido aprovechadas en su momento.

De las estadísticas de exportación de la IE nacional se desprende que se requerirán esfuerzos extraordinarios para hacerla avanzar como se pretende. Independientemente de la orientación global de la economía, en la escala que va del intervencionismo gubernamental estrecho al liberalismo, deberán gestarse cambios importantes.

Por ejemplo, de los casos anotados de transacciones entre compañías, es claro que para jugar en la liga de las grandes compañías se requiere tamaño y tecnología propia, ya que sólo se puede aspirar a adquirir nuevas tecnologías en condiciones favorables. Desde este punto de vista, las compañías de IE nacionales son, salvo excepciones, demasiado pequeñas, por lo que debería promoverse su fusión en compañías más grandes. Estarían así además en mucho mejor posición para moverse hacia niveles de complejidad mayores, y ser menos vulnerables a los embates tecnológico y de precios,

por un lado, y por otro luchar más cómodamente por crédito y mercados. Esto es especialmente importante si el papel del gobierno como intermediario en negociaciones se ve disminuido.

Se requiere también que el aparato universitario, científico y tecnológico (UCT) y las empresas identifiquen las categorías de problemas a resolver conjuntamente. Tienen que tomar en cuenta, por ejemplo, que la mayor parte de la tecnología que se utilizará en los próximos años ya existe, mucha de ella en forma de bienes de capital, y que para utilizarla habrá que adquirirla eficientemente. Por otro lado, debe existir la conciencia entre todas las partes interesadas de que el problema de vinculación UCT-industria es común en los países en vías de desarrollo, y que su principal causa es la falta de demanda de tecnología. Las acciones conjuntas que resulten del análisis tendrán que ser muy específicas, en contraste con las que se realizan normalmente en el UCT, y no deberán interferir con las mismas.

Ejemplos de instancias creadas para llevar a cabo acciones concretas del UCT en la industria son el Centro para la Innovación Tecnológica de la UNAM (CIT), fundado en 1984, que proporciona servicios de apoyo para la transferencia de tecnología al sector productivo, ha promovido una red de unidades de transferencia de tecnología dentro de la UNAM, y capacita personal en gestión industrial. Un ejemplo de acción específica en electrónica es el Centro de Tecnología de Semiconductores (CTS) del CINVESTAV, proyecto de 5 años de 23 MDD que arrancó en 1986 con la cooperación técnica y económica de IBM, y cuyas actividades principales son el diseño de ASICs, la prueba funcional y caracterización de CIs y una línea de empaque de montaje de superficie. El Estado jugó un papel importante en la formación del CIT y el CTS.

Conclusión

En la IE compiten exitosamente países avanzados y en vías de desarrollo, y muchos otros, como México, aspiran a hacerlo, aunque pocos tendrán éxito. Los gobiernos de los países que han logrado angostar la brecha han sido activos concertadores. Si México aspira seriamente a una IE reconocible a nivel internacional, el enorme esfuerzo para lograrlo tendrá que ser conjunto, del gobierno y la industria.

Bibliografía

Estrategias nacionales

Robert H. Ballance, Stuart W. Sinclair, *Collapse and survival: industry strategies in a changing world*, George Allen & Unwin, London, 1983.

Sean Eamon Lalor, *Overview of the microelectronics industry in selected developing countries*, Industrial Development Organization, Naciones Unidas, UNIDO/IS.500, 13 Dic., 1984.

Alfonso H. Molina, "Managing economic and technological competitiveness in the US semiconductor industry: short- and long-term strategies", *Int. J. Technology Management*, vol.4, no.2, 1989, pp. 157-175.

Ote Hieronymi, "The domestic and international impact of national electronics policies", *Int. J. Technology Management*, vol.5, no.5, 1990.

Estrategias empresariales

R. Wise, "Aggressive Japanese venture capital worries silicon valley", *Electronic Business*, Jun. 11, 1990, pp. 57-58.

Stuart M. Dambrot, "Foreign alliances that make sense", *Electronic Business*, Sep. 3, 1990, pp. 68-71.

Bruce C. P. Rayner, "Who in the world is investing in U.S. electronics?", *Electronic Business*, Jul. 9, 1990, pp. 42-44.

H. Garrett DeYoung, "Motorola's strength comes from growth by renewal", *Electronic Business*, Jul. 9, 1990, pp. 30-35.

Teri Sprackland, "Building the new Harris", *Electronic Business*, Sep. 17, 1990, pp. 40-43.

Países de industrialización reciente (PIR)

Frederic C. Deyo, *The political economy of the new Asian industrialism*, Cornell University Press, Ithaca and London, 1987.

Industria mexicana

Contacto, órgano informativo de la industria electrónica y de comunicaciones eléctricas de México, no.30, año 40, 1990.

Javier Palacios Neri, "La industria electrónica y sus perspectivas", *El Financiero*, artículo aparecido en las siguientes fechas: 22 y 29 de Ago., 12 y 19 de Sep., 3 y 17 de Oct., 14 y 28 de Nov. de 1990.

Maquiladoras

Bernardo González Aréchiga, José Carlos Ramírez, "Perspectivas estructurales de la industria maquiladora", *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 10, México, Oct. 1989, pp. 874-886.

Flor Brown, Lilia Domínguez, "Nuevas tecnologías en la industria maquiladora de exportación", *Comercio Exterior*, vol. 39, núm. 3, México, mar. 1989, pp. 215-223.

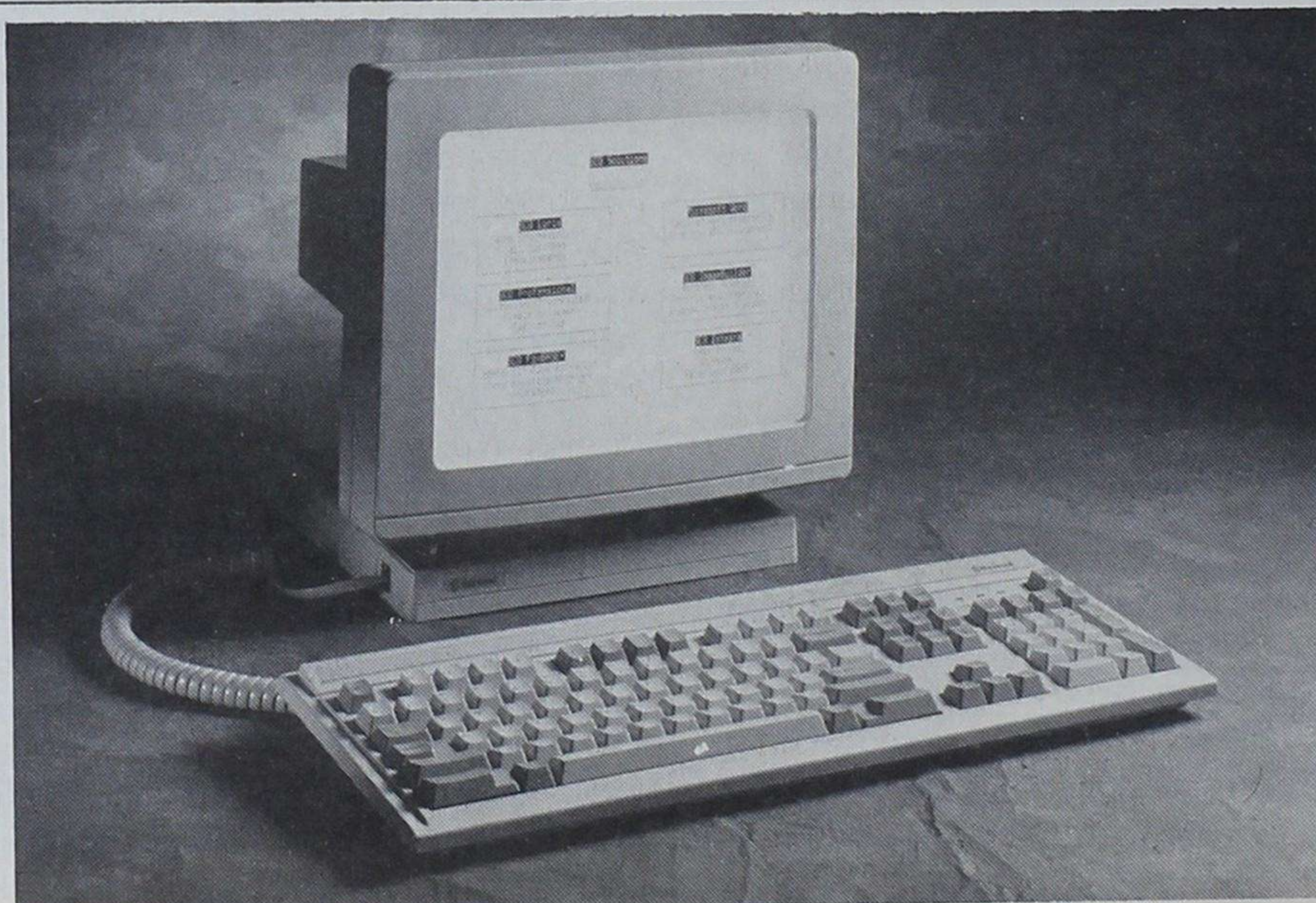
Esfuerzos institucionales en México

"El centro de tecnología de semiconductores, vital para nuestra industria", *Excelsior*, 19 de Feb. 1990.

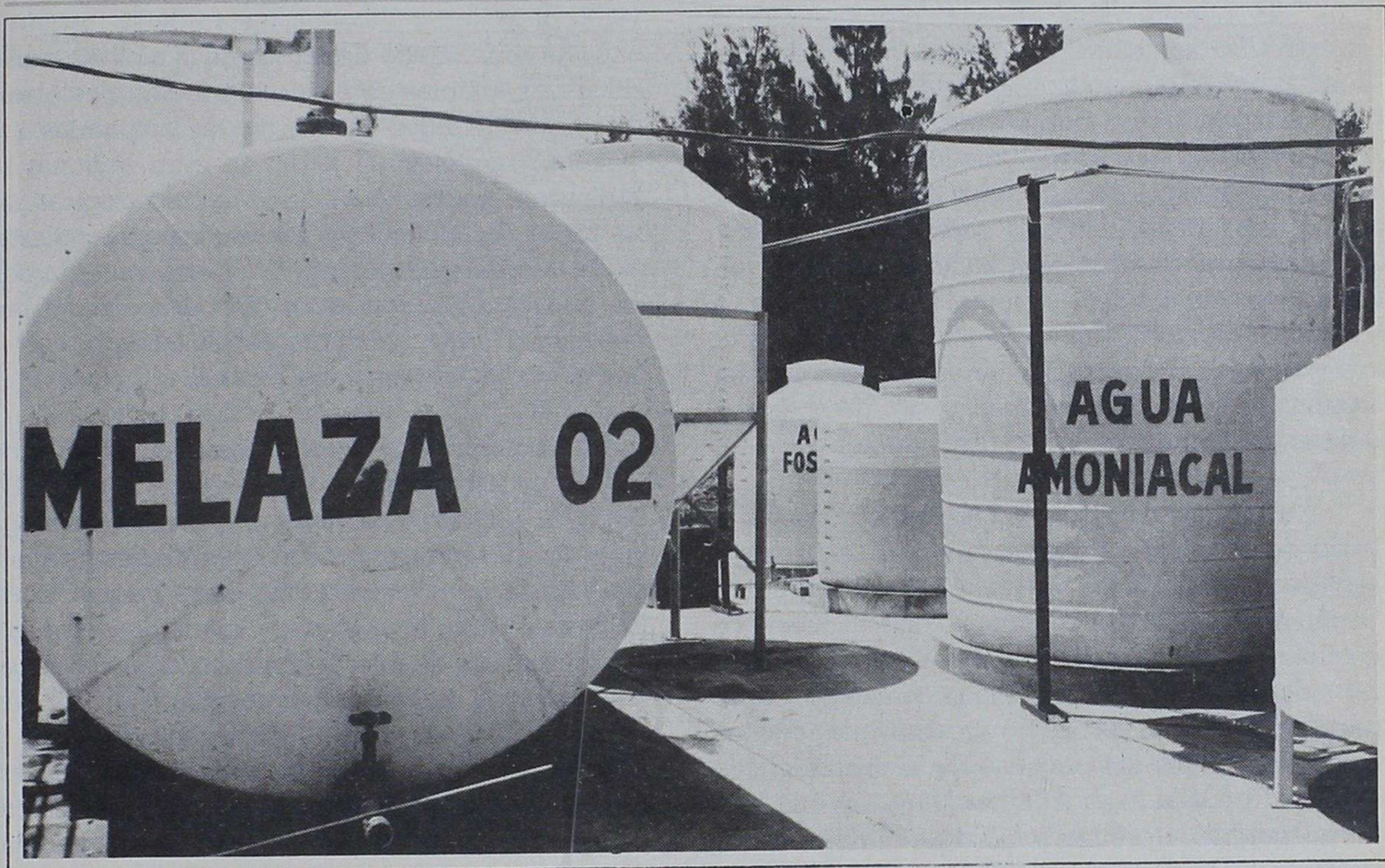
"Entrevista con Héctor O. Nava Jaimes", *Avance y Perspectiva*, vol. 9, oct.-dic. 1990.

"Discursos inaugurales del Centro para la Innovación Tecnológica", *Cuaderno No.1*, Centro Para la Innovación Tecnológica, UNAM, 1985.

"El CIT en cifras 1985-1989", *Cuaderno No.8*, Centro Para la Innovación Tecnológica.



Perspectivas de la biotecnología y la bioingeniería en México



Fernando Esparza García

Al recibir la invitación para escribir este artículo, acepté de inmediato, pues no es posible despreciar la oportunidad de contribuir a este controvertido tema. Hablar sobre la perspectiva de la bioingeniería y biotecnología en México es venturoso y difícil, como puede serlo también en este momento para cualquier campo de la ciencia y la tecnología en nuestro país. La existencia, el desarrollo y el futuro de la ciencia y tecnología comparten problemas comunes de gran dimensión, que condicionan todas sus características actuales. Refiriéndonos a la biotecnología, esos problemas son principalmente el

deterioro económico de las fuentes que la soportan y la ausencia de una política nacional que indique qué hacer, cuándo y con qué insumos. Como describiré después con mayor detalle, las actividades biotecnológicas, por su naturaleza y características multidisciplinarias, están sujetas a acciones o influencias de diversas instituciones como son universidades, tecnológicos, organismos estatales y financieros, las cuales deberían estar reguladas y concertadas por una política nacional en biotecnología. La resolución de estos problemas es prioritaria para el futuro de la biotecnología. De otra manera no será posible poner en marcha un plan que propicie su desarrollo en México.

Los orígenes

En 1958 se estableció la carrera de ingeniero bioquímico en la Escuela Nacional de Ciencias Bioló-

El Dr. Fernando Esparza García es profesor titular y jefe del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav. Es químico bacteriólogo parasitólogo y doctor en ciencias (Microbiología) de la ENCB-IPN. Su campo de interés es el estudio de las acciones de compuestos orgánicos sintéticos como detergentes y plaguicidas, sobre la actividad respiratoria y la nitrificación del suelo.

gicas del IPN y hace 17 años se iniciaron las actividades del Departamento de Biotecnología del CINVESTAV, primero en su tipo en México y en América Latina. En aquel entonces se oía muy poco acerca de la biotecnología en los ámbitos científicos de nuestro país. Desde ese tiempo, la situación ha cambiado de manera extraordinaria, pues ahora todas las entidades técnico-científicas, políticas, organismos oficiales, etc. hablan de ella, lo cual muestra que abriga grandes y muy variados intereses. La causa de esta situación estriba en que las técnicas biotecnológicas representan una extraordinaria alternativa para hacer la vida más eficiente y segura. Con su ayuda será posible la existencia humana en un medio sobre poblado, agobiado por la contaminación en sus ámbitos terrestre, acuático y atmosférico y sin la capacidad suficiente para la producción de alimentos.

La biotecnología involucra el diseño y desarrollo de procesos para la producción de bienes y servicios a partir de los seres vivos o sus productos. Según esta definición, la biotecnología incluye, por ejemplo, los procesos fermentativos para la producción de alimentos o de bebidas conocidos desde hace muchos años, así como procesos más controlados, resultantes del progreso de la microbiología industrial y de la ingeniería bioquímica y que han hecho posible la producción industrial de bebidas, alimentos y medicamentos durante varias décadas.

El explosivo progreso e interés en la biotecnología en los tiempos actuales fue impulsado por el vertiginoso desarrollo de la biología molecular y de la genética de microorganismos en las dos últimas décadas. Esto, a su vez, condujo a la creación de las técnicas para modificar la estructura genética de los seres vivos con cepas hiperproductoras y tecnologías de recombinación *in vitro* y clonación molecular del ADN. La transmisión de la información genética a una célula proveniente de otra muy diferente dio lugar a la aparición de especies transgénicas, seres capaces de transmitir a su descendencia las nuevas características genéticas. Esto permitió diseñar organismos con determinada actividad fisiológica o funciones biosintéticas o degradativas que puedan ser empleadas en procesos de interés comercial. La producción de células u organismos transgénicos y su utilización comercial ha requerido estudios profusos que sólo han sido posibles su-

mando el esfuerzo de muchos investigadores hasta llegar a los logros actuales.

Los estudios de Watson y Crick, quienes descubrieron la estructura en doble hélice del ADN en 1953, propiciaron el conocimiento de su función y originaron un rápido desarrollo de la biología molecular. Las enzimas de restricción fueron descubiertas en 1971, lo que abrió a su vez las puertas a la ingeniería genética. A partir de estas acciones se generaron nuevas compañías biotecnológicas en los países desarrollados y varias compañías ya establecidas orientaron su producción de acuerdo con los nuevos descubrimientos. De esta manera, las novedades biotecnológicas se sucedieron año a año como se describe en la Tabla 1.

Los desarrollos biotecnológicos involucran no sólo a microorganismos procarióticos y eucarióticos, sino también a plantas y animales. Se investiga la producción de plantas con mayor resistencia a la desecación, a las temperaturas bajas y a las plagas. Es posible variar la velocidad y grado de crecimiento de animales de interés comercial como es el ganado vacuno, así como incrementar la producción de leche. El impacto de la biotecnología sobre la agricultura y la ganadería es evidente; además, estas tecnologías proporcionan mejores condiciones para el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Algunas de estas tecnologías ya han tenido oportunidad de demostrar su bondad económica, lo cual ha llevado a un buen número de países a participar en uno de los mayores movimientos comerciales de los últimos tiempos (Tabla 2).

La biotecnología es, por su propia naturaleza, una actividad multidisciplinaria. Todo proceso biotecnológico involucra el desarrollo de etapas experimentales en el laboratorio, su escalamiento industrial a nivel de planta piloto y la producción y comercialización del producto. Este conjunto de actividades implica la participación de personal especializado que rebasa la capacidad de una sola institución.

Repercusiones

La biotecnología ha provocado una revolución en la agricultura, en la industria alimenticia, en la zootecnia y en el diagnóstico y tratamiento de las en-

fermedades. Como consecuencia se han invertido grandes sumas de dinero en la investigación, desarrollo tecnológico e industrialización de procesos biotecnológicos. En particular, en los EUA la industria biotecnológica tiene inversiones que generaron ventas por 2.9 billones de dólares en 1990. Existe una extraordinaria competencia internacional para poseer la propiedad de los procesos biotecnológicos y por lo tanto el monopolio de las nuevas tecnologías.

La investigación biotecnológica se realiza en universidades, tecnológicos y compañías comerciales, los cuales desarrollan estudios básicos de alto nivel y procesos conducentes a la industrialización. Estas investigaciones son muy costosas y requieren la participación de personal multidisciplinario de alta capacidad científica y tecnológica. Por añadidura, se ha dado un proceso acelerado de fusión de compañías biotecnológicas. El desarrollo de estas actividades en el mundo muestra un incremento verdaderamente explosivo y los países desarrollados están en vías de poseer el control de la biotecnología.

La biotecnología en México

Las actividades biotecnológicas que se desarrollan en México involucran la formación de personal altamente calificado, la investigación básica y el desarrollo tecnológico. De manera incipiente se desarrolla la comercialización de los productos biotecnológicos mediante su producción industrial o la aplicación extensiva en la agricultura de los procesos agro-biotecnológicos. Desde el inicio de las actividades biotecnológicas en nuestro país, se han multiplicado los centros de investigación y docencia. En ellos se realizan investigaciones en biotecnología de plantas, biotecnología diagnóstica, ingeniería de proteínas, producción de inoculantes, bioinsecticidas, plantas transgénicas, metabolitos secundarios con células vegetales, bioingeniería de procesos fermentativos, bioingeniería ambiental, biotecnología de alimentos y trasplante de embriones en mamíferos. Respecto a la formación de recursos humanos, se estima que para 1990 habrán egresado de estos centros de 8 a 10 doctores y de 50 a 60 maestros en ciencias. Refiriéndome al campo industrial, la mayor participación en México está en la industria de las fermentaciones de fármacos como los antibióticos, de aminoácidos, ácidos orgánicos, inoculantes y enzimas. Estas actividades

industriales se refieren a procesos tradicionales no considerados como tecnología de punta o biotecnología moderna, las cuales están sustentadas principalmente por técnicas derivadas de la ingeniería genética, la biotecnología vegetal y animal (zootécnica).

Podemos concluir que nuestro país muestra en la actualidad un fuerte incremento en la infraestructura para la investigación y potencial para la formación de recursos humanos para la biotecnología. No se puede considerar que la situación sea óptima por su escasa productividad, pero se cuenta con la infraestructura necesaria para ampliar estas actividades en forma planificada y con el estímulo financiero necesario. Respecto de la escasa participación en la industria de la "nueva biotecnología", la situación no ha cambiado mucho a la expuesta en 1985 por Rodolfo Quintero en su libro *Prospectiva de la Biotecnología en México*.

Perspectivas

Según una de sus definiciones, perspectivas son los distintos puntos de vista desde los que se puede observar un paisaje o cualquier realidad; de acuerdo con esto expresaré a continuación mis opiniones sobre las perspectivas de la biotecnología en México. Su desarrollo en nuestro país es similar en muchos de sus aspectos al de las naciones latinoamericanas que encabezan estas actividades (Argentina, Brasil). Esta similitud proviene de la situación económica de las naciones en vías de desarrollo y de la ausencia de políticas que lleven a la formulación de planes concretos de desarrollo. Las actividades biotecnológicas en México se enfrentan a varias situaciones problemáticas; las de mayor repercusión se originan en la ausencia de una política nacional de desarrollo en biotecnología, lo que a su vez acarrea la falta de definición en las líneas de investigación que deben ser creadas o impulsadas. En México existen políticas al respecto de algunas instituciones u organismos, como el CONACYT, pero no puede considerarse todavía la existencia de un plan de desarrollo de esa actividad que norme objetivos, generación de productos y defina la dimensión de tiempo para su cumplimiento.

Actualmente estas actividades son decididas por los centros de investigación. Sin embargo, co-

Tabla 1. Cronología de los principales avances biotecnológicos (1975-1990)

1975	Producción de anticuerpos monoclonales.
1976	Primera síntesis de un gene (DNA sequencing).
1977	Expresión de un gene humano en bacterias.
1978	Producción de insulina humana en bacterias por ingeniería genética (primer caso).
1979	Síntesis de la hormona humana de crecimiento.
1981	Desarrollo de equipos sintetizadores de genes.
1982	Transferencia de un gene de rata a un ratón.
1983	Primer cromosoma artificial.
1984	Descubrimiento de las técnicas para "DNA finger print". Primera vacuna producida con ingeniería genética.
1985	Hallazgo de las estructuras genéticas que originan la fibrosis quística y el cáncer de riñón.
1986	Primeros ensayos en campo de plantas de tabaco modificadas por ingeniería genética.
1988	Primera patente en los EUA para un vertebrado (un ratón) transgénico.
1989	Descubrimiento del gene de la fibrosis quística.
1990	Primera terapia genética humana.
1990	Primera aplicación extensiva de microorganismos modificados genéticamente para combatir derrames petroleros.
1990	La renina como primer producto alimenticio obtenido por ingeniería genética.

mo ya lo mencionamos, éstos no pueden llevar los procesos biotecnológicos hasta la etapa de beneficio económico y social, ya que tales acciones escapan de la capacidad de los centros de investigación. Además, la investigación biotecnológica es costosa frente a la competencia internacional.

En México, como consecuencia de las condiciones económicas del país, el apoyo que reciben los centros de investigación no es suficiente para cumplir con los proyectos de investigación. Según un estudio efectuado por la Academia de la Investigación Científica, el presupuesto asignado para las actividades científicas entre el período de 1981 a 1987 se contrajo en un 25%. Además, debe tomarse en cuenta que en México la participación de la

Tabla 2. Principales acciones comerciales en biotecnología en los EUA (1971-1990).

1971	Fundación de la Compañía Cetus.
1975	Fundación de Agrigenetics.
1976	Fundación de Genetech.
1977	Fundación de Genex.
1978	Fundación de Hybritech y Biogen.
1979	Fundación de Centocour.
1980	Genetec inicia comercialización.
1980	Fundación del Sistema Amgen Calgene y Genetic.
1981	Aprobación del primer sistema de diagnóstico basado en anticuerpos monoclonales.
1981	El sistema Cetus, Genetic e Hybritech inicia su comercialización.
1982	Aprobación del primer producto por ADN-Recombinante "Humulin" (insulina humana).
1983	Primeras ventas de "Humulin".
1985	FDA aprueba la producción de la hormona humana de crecimiento.
1985	El sistema Bristol lublitol adquiere Agrigenetics.
1986	FDA aprueba la primera vacuna obtenida por ingeniería genética (Hepatitis b).
1986	Eli Lilly adquiere Hybritech.
1989	IL-2 es probada en algunos países de Europa.
1990	Roche adquiere Genentech.

ciencia en el PIB es de por sí muy bajo, fluctuando entre 0.15 y 0.6%. Por otro lado, la iniciativa privada invierte cantidades aún menores, sobre todo en actividades en que esté involucrada la biotecnología moderna.

Considero que la actual capacidad de investigación y formación de infraestructura humana en México es importante; se cuenta con grupos de alta capacidad como son el CINGEBI de la UNAM, la Unidad Irapuato del CINVESTAV, al Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, el Departamento de Biotecnología de la UAM, el Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, la Unidad Central (DF) del CINVESTAV, en la cual participan los departamentos de Genética, Biología Celular y

de Biotecnología y Bioingeniería. Existen también grupos de investigación localizados en instituciones de los estados como es el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), al Colegio de Posgraduados de Chapingo y las Facultades de Biología y Medicina de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Por todo lo expuesto, se puede llegar a algunas conclusiones que en mi opinión enmarcan el futuro de la biotecnología en nuestro país. Las técnicas biotecnológicas llevarán a un cambio revolucionario por su notable eficiencia en la agricultura, en las actividades terapéuticas, en la zootecnia y en la preservación del medio ambiente. La producción agrícola con técnicas convencionales no podrá competir con la basada en el cultivo de plantas modificadas genéticamente para mejorar su producción o resistencia a plagas y otros factores del medio ambiente. Los países que no tengan acceso a estas tecnologías estarán sujetos a la dependencia económica y científica. Por otro lado, gran parte de las tecnologías implementadas por países desarrollados no son las que requiere el nuestro, puesto que no compartimos necesidades, tradiciones culturales, situación económica, problemas de salud, alimentarios y políticos, etc. De ahí la importancia de que México decida por sí mismo lo que es necesario hacer en biotecnología.

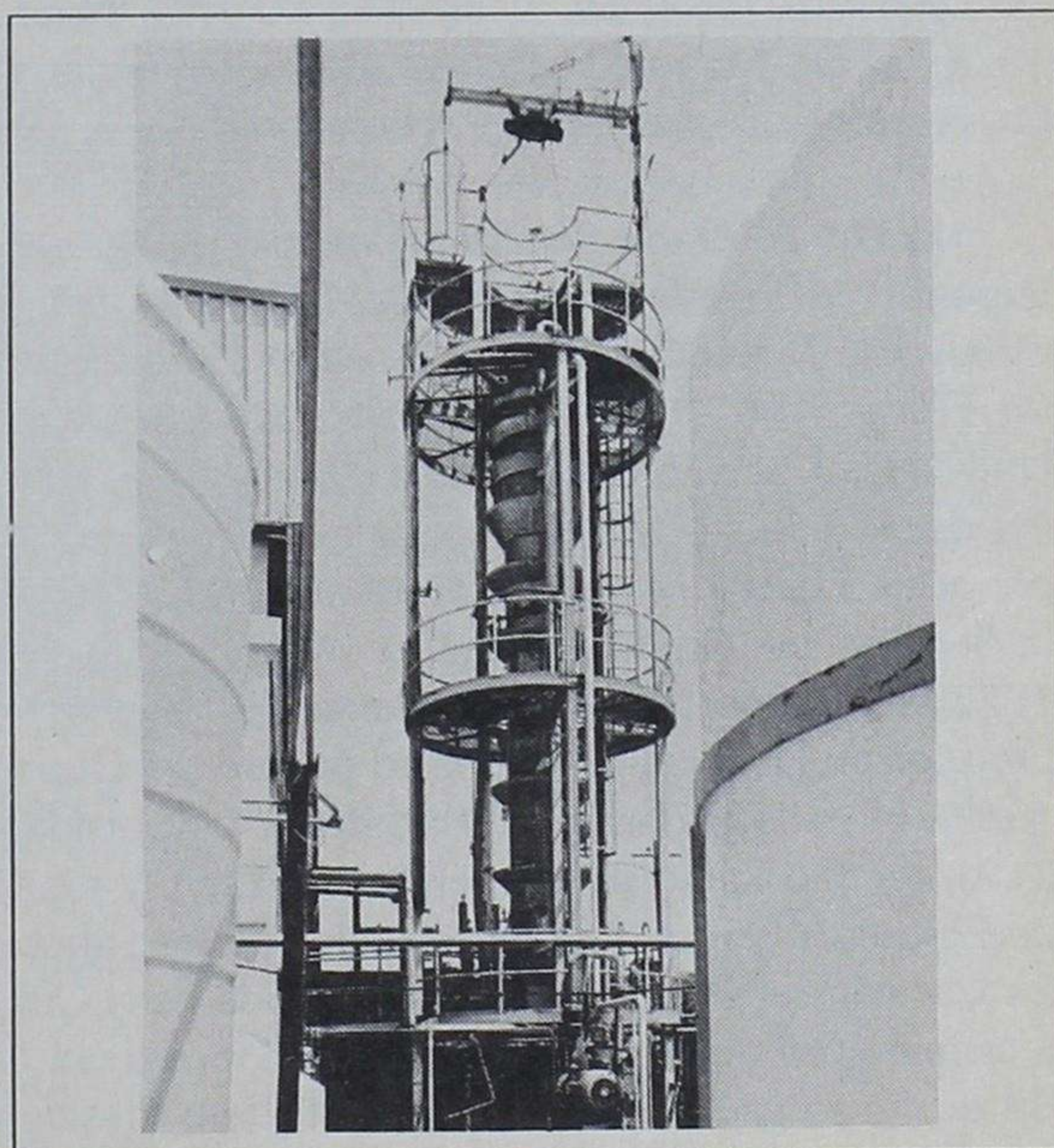
En un futuro cercano, las grandes transformaciones económicas que experimentan todos los países desarrollados, como son "la economía de mercado, los mercados comunes o bloques económicos", serán una realidad con la que se vivirá cotidianamente. Como consecuencia, los países en vías de desarrollo deberán ser altamente competitivos en la producción de productos biológicos asociados a la exportación de productos agrícolas, ganaderos o materias primas biológicas.

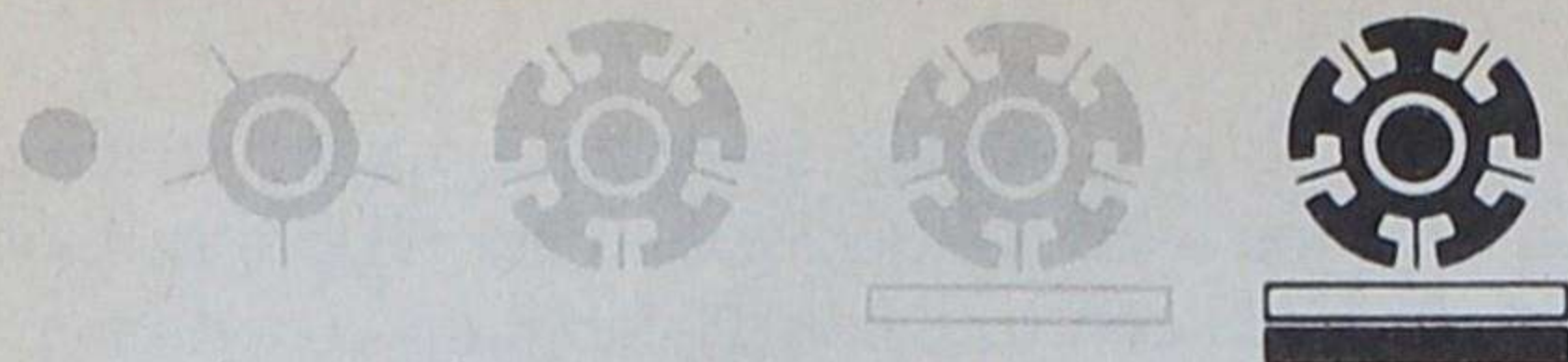
La conclusión más importante es que nuestro país no desarrolla, por ahora, debido a dificultades esencialmente económicas, actividades en biotecnología que puedan representar un beneficio significativo a la comunidad; no obstante, se cuenta con un potencial importante en los centros de investigación, universidades, y algunos grupos de investigación de industrias privadas. Reitero que es preocupante que no existan planes bien definidos de desarrollo de la biotecnología para el futuro in-

mediato, lo que impide además el aporte racional de insumos a las instituciones. Esta situación debe ser asimilada con una posición realista con el fin de tener la capacidad de forjar nuestro propio futuro. Todo dependerá de cuál sea nuestra capacidad de respuesta para superar las dificultades de un país en vías de desarrollo. Desafortunadamente, según se muestra en la actualidad, el beneficio y dominio pleno de estas tecnologías no está al alcance de nuestros países. Nosotros debemos demostrar que sí es posible gracias al esfuerzo, trabajo y debida atención que mostremos.

Bibliografía

- Buril, G.S. and B. Lee Kenneth. *Biotech 91: A Changing Environment*. Ernst and Young. San Francisco, Calif. 1990.
- Olson, S. *Biotechnology and Industry Comes of Age*, National Academy Press. Washington, D.C. 1986.
- Casas-Campillo, C. *Aspectos del desarrollo de la biotecnología en México*. Memoria 1988. Colegio Nacional. 1988.
- Academia de la Investigación Científica, *Estudio y propuesta para el Fortalecimiento de los grupos activos de investigación*. 1989.
- Arias P.S. *Biología. Amenazas y perspectivas para el desarrollo de América Central*. Edit. DEI. San José, Costa Rica. 1990.
- Goldstein, D. *Biología, Universidad y Política*. Siglo XXI Editores. 1989.
- Quintero, R. R. *Prospección de la biotecnología en México*. Fundación Javier Barros Sierra, A.C. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1985.

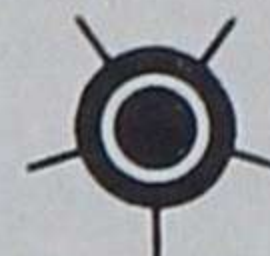




noticias del centro

Feliciano Sánchez Sinencio, Director General del CINVESTAV

Notas breves



El pasado 14 de diciembre, el Secretario de Educación Pública Manuel Bartlett Díaz dio posesión de la Dirección General del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), al Dr. Feliciano Sánchez Sinencio, en sustitución del Dr. Héctor O. Nava Jaimes. El Dr. Sánchez Sinencio es el quinto director del CINVESTAV en los 30 años de nuestra institución. Los anteriores directores fueron el Dr. Arturo Rosenblueth (Fisiología, 1961-1970), el Dr. Guillermo Massieu (Neurociencias, 1970-1978), el Dr. Manuel V. Ortega (Biología Celular, 1978-1982), y el Dr. Héctor O. Nava Jaimes (Ingeniería Eléctrica, 1982-1990).

El Dr. Feliciano Sánchez Sinencio es egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN (1956-1959). Obtuvo su Maestría en Ciencias en el Centro Brasileño de Pesquisas Físicas (1963-1966) y su Doctorado en Ciencias (Física) en la Universidad de Sao Paulo, Brasil (1967-1969). Ha sido profesor del IPN desde 1960, Jefe del Departamento de Física de la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del IPN (1970-1972) y Jefe de la Sección de Graduados de la misma escuela (1971-1972). En 1972 se incorporó al Departamento de Física del CINVESTAV como profesor titular y ocupó el puesto de Jefe del Departamento (1988-1990). Ha sido profesor visitante de las Universidades de Princeton (EUA), de Sao Paulo (Brasil), Hebrea (Israel), y del Centro Brasileño de Pesquisas Físicas. Fue investigador de los Laboratorios Industriales RCA con sede en Princeton. Recibió la beca Guggenheim (1980) y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores en la categoría de Investigador Nacional nivel III. Fue Presidente del Consejo

El **Dr. José Adem Chahin** falleció el pasado 14 de febrero en la ciudad de México a la edad de 69 años. Fundó en 1961 el Departamento de Matemáticas del CINVESTAV, donde fue Profesor Titular y su primer Jefe de Departamento. A partir de 1966 se desempeñó también como Asesor Académico de la Dirección del CINVESTAV.

Originario de Tuxpan, Veracruz, realizó sus estudios profesionales en la Escuela Nacional de Ingenieros y en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Obtuvo su doctorado en matemáticas en la Universidad de Princeton, EUA (1949-1952) con una tesis sobre topología algebraica. En ella se establecen las formulas que se conocen ahora con el nombre de *Relaciones de Adem* y forman parte de libros de texto de topología algebraica sobre teorías de homotopía.

Fue nombrado miembro del Colegio Nacional en 1960 y recibió el Premio Nacional en Ciencias y Artes en 1967. Fundó y dirigió el *Boletín de la Sociedad Matemática Mexicana* en su segunda serie. Al crearse el Sistema Nacional de Investigadores, fue nombrado vocal del Consejo Directivo y miembro de la comisión dictaminadora del área de ciencias fisico-matemáticas del mismo. En el próximo número de *Avance y Perspectiva* presentaremos una semblanza de la obra del **Dr. José Adem Chahin**.

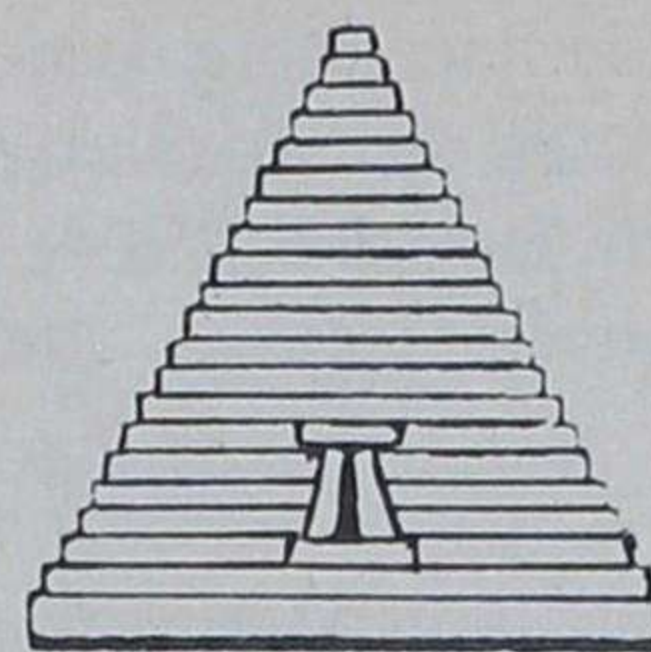
Director del Centro Latinoamericano de Física con sede en Río de Janeiro, Brasil (1985-1990). Ha sido invitado para participar en las comisiones dictaminadoras del Instituto de Física de la UNAM, del Instituto Nacional de Astronomía, Óptica y Electrónica (INAOE) y del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Fue coordinador del Comité de Expertos del Programa Indicativo para el Desarrollo Tecnológico de la Industria Electrónica del CONACyT, y miembro del Programa Regional para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología de la OEA, así como de la Comisión Nacional de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP).

El campo de investigación del Dr. Feliciano Sánchez Sinencio es la física experimental del estado sólido. Ha publicado más de cincuenta trabajos de investigación en este campo en revistas científicas y libros especializados. Además, ha dirigido cinco tesis de doctorado, 9 de maestría y 11 de licenciatura. En la ESFM-IPN y en el Departamento de Física del CINVESTAV inició la formación de grupos de investigación en su especialidad, con infraestructura experimental que ha permitido la continuación sin interrupción de sus actividades de investigación y formación de recursos humanos.

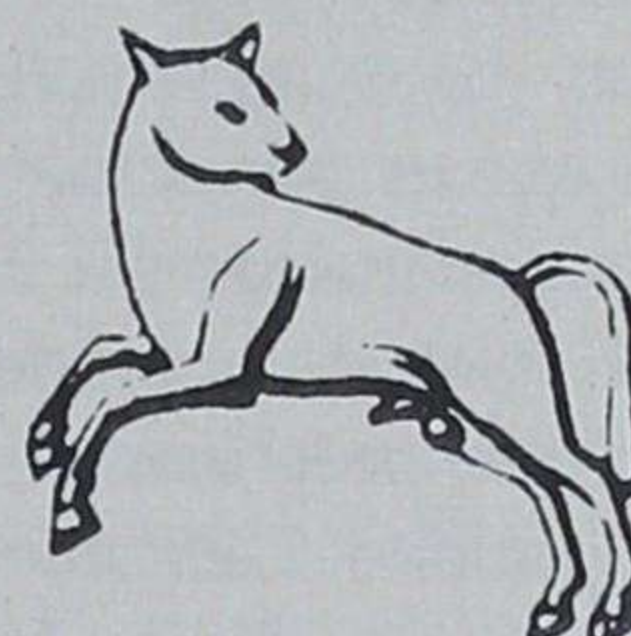
Juan Milton Garduño, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1990 en Tecnología y Diseño



El pasado 16 de enero, el Presidente Carlos Salinas de Gortari entregó el Premio de Ciencias y Artes 1990 en el campo de Tecnología y Diseño al Dr. Juan Milton Garduño, profesor titular y director del Centro de Tecnología de Semiconductores de la Unidad de Electrónica Avanzada del CINVESTAV con sede en Guadalajara, Jal. Este premio fue compartido con el Dr. Daniel Reséndiz, actual director de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Con el premio



Se firmó un convenio de colaboración científica e intercambio académico entre la Unidad Mérida del CINVESTAV y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Mediante este convenio se podrán celebrar proyectos específicos de colaboración que involucren investigadores de ambas instituciones.



El Dr. Héctor O. Nava Jaimes fue nombrado Subdirector General de Investigación Aplicada del Instituto Mexicano del Petróleo. La subdirección ahora a su cargo cuenta con más de cincuenta investigadores y desarrolla líneas de investigación en sistemas computacionales, dinámica molecular, propiedades termodinámicas y de transporte, ciencia de materiales, estadística matemática, catálisis y química ambiental.



otorgado al Dr. Garduño, ya son cuatro los investigadores del CINVESTAV que han sido galardonados con el Premio Nacional de Ciencias y Artes en Tecnología y Diseño: Ing. Jorge Suárez Díaz (Ingeniería Eléctrica, 1984), Dra. Mayra de la Torre (Biotecnología y Bioingeniería, 1986) y Dr. Enrique Hong Chong (Farmacología, 1987).

El Dr. Juan Milton Garduño realizó sus estudios de ingeniería en comunicaciones y electrónica en la ESIME-IPN y de posgrado en la Universidad de Londres, Inglaterra. Se incorporó a la planta de profesores del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV en 1972 y ha ocupado los puestos de Jefe de la Sección de Comunicaciones y Jefe del Departamento. Reorganizó el plan de estudios de esta sección introduciendo las áreas de conmutación electrónica, control por programas almacenados, procesamiento digital de señales, teletráfico y análisis y síntesis de voz. En 1987, la AHCET calificó este programa de telecomunicaciones como el mejor de Latinoamérica. Fue pionero en la realización de proyectos bajo contrato industrial en el CINVESTAV. Desarrolló las centrales telefónicas rurales 150 y 250 para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Con PEMEX desarrolló el sistema supervisorio de su red de microrondas con el panel mímico en la torre de PEMEX. Entre 1984 y 1987 fue coordinador del Programa microSEP para la introducción masiva de microcomputadoras en los bachilleratos tecnológicos. Dentro de este programa se fabricaron, en la planta piloto establecida en la unidad Zacatenco, más de 14,000 microcomputadoras de bajo costo. Se desarrollaron tres versiones de la computadora microSEP, que en su modelo final contó con floppy, disco integrado y medio Mb de memoria.

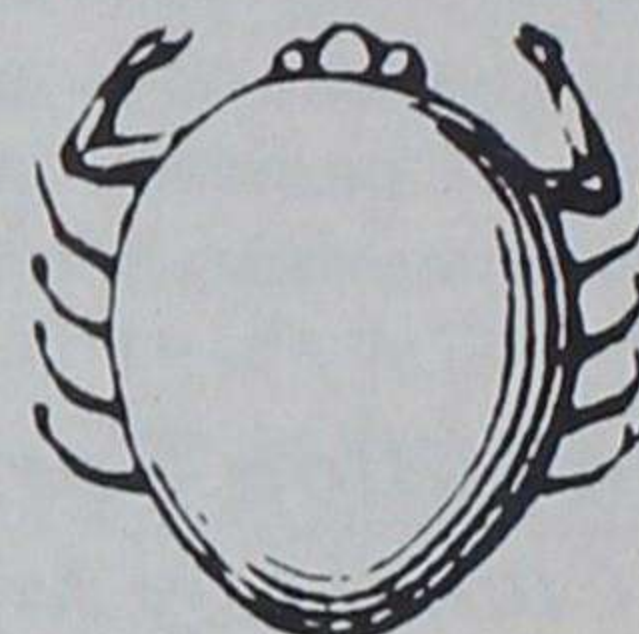
Como jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica impulsó, con el apoyo de la Universidad de Utah, el diseño de circuitos integrados que fue la base para el establecimiento del Centro de Tecnología de Semiconductores (CTS) en el CINVESTAV en 1986. Desde entonces es director del CTS, un laboratorio industrial que forma parte del programa de transferencia de tecnología de la compañía IBM establecido con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial y el CINVESTAV. Tiene su sede en Guadalajara, Jal., y ya realizó el primer diseño de circuitos integrados que será incorporado en un producto de IBM.

Eusebio Juaristi obtuvo el Premio de Ciencia y Tecnología "Manuel Noriega Morales" 1990

El Dr. Eusebio Juaristi, profesor titular del Departamento de Química del CINVESTAV, obtuvo el Premio de Ciencia y Tecnología "Manuel Noriega Morales" 1990 en el área de ciencias exactas. Este premio es patrocinado por la organización de Estados Americanos (OEA) y se otorga a científicos latinoamericanos menores de 40 años

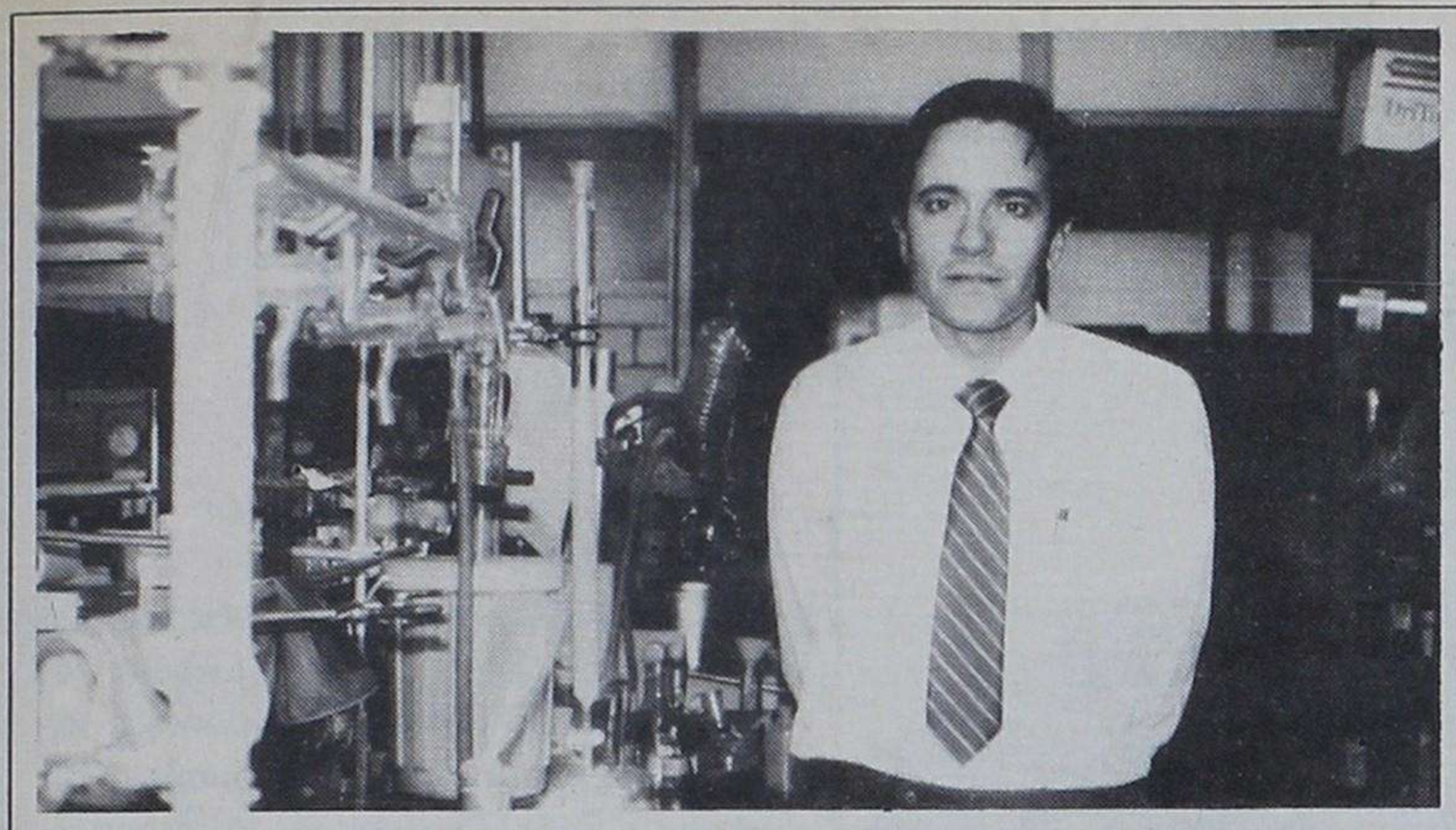


El nuevo director general del CONACyT, **Dr. Fausto Alzati**, nombró recientemente a su grupo de asesores. Entre ellos están cuatro profesores del CINVESTAV: **Dr. Hugo Aréchiga** (Fisiología), **Dra. Mayra de la Torre** (Biotecnología), **Dr. Adolfo Martínez Palomo** (Patología Experimental), y **Dr. Pablo Rüdómin** (Fisiología).



La Academia de la Investigación Científica (AIC) admitió a seis investigadores del Departamento de Física del CINVESTAV como miembros regulares a partir de 1990. Tres de ellos son profesores titulares del departamento: **Dr. Jesús Dorantes Dávila**, **Dr. Bogdan Mielnik** y **Dr. Alfonso Rosado Sánchez**; los otros tres son profesores adjuntos: **Dr. José Luis Arauz Lara**, **Dra. Nora Eva Bretón Baez** y **Dr. Gabriel López Castro**. En esta misma promoción 1990, también fue admitido como miembro regular de la AIC el **Dr. Juan Carlos D'Olivo**, quien obtuvo su doctorado en el mismo Departamento de Física del CINVESTAV, y actualmente es investigador titular del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM.





que se hayan destacado en las áreas de las ciencias exactas y naturales. Recibió este premio por sus contribuciones a la estereoquímica y al análisis conformacional en heterociclos orgánicos. El premio "Manuel Noriega Morales" en el área de las ciencias exactas ha sido otorgado también a cinco físicos mexicanos: Dr. Gabriel Torres Villaseñor (IIM-UNAM, 1984), Dr. Alberto Robledo (FQ-UNAM, 1985), Dr. Luis Felipe Rodríguez (IA-UNAM, 1986), Dr. Julio Rubio (UAM-I, 1987) y Dr. José Luis Morán López (IF-UASLP, 1987, egresado y profesor del Departamento de Física del CINVESTAV hasta 1986).

El Dr. Juaristi es egresado del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (1972). Obtuvo su doctorado en la Universidad de Carolina del Norte en Chapell Hill, EUA. Realizó su entrenamiento posdoctoral en la Universidad de Berkeley y en la División de diagnósticos de Syntex en Palo Alto, ambos en California, EUA. Desde 1979 se integró al departamento de Química del CINVESTAV. Ha formado un grupo importante de trabajo a partir de sus propios estudiantes graduados: cuatro doctores y 14 maestros en ciencias. Además ha dirigido 22 tesis de licenciatura.

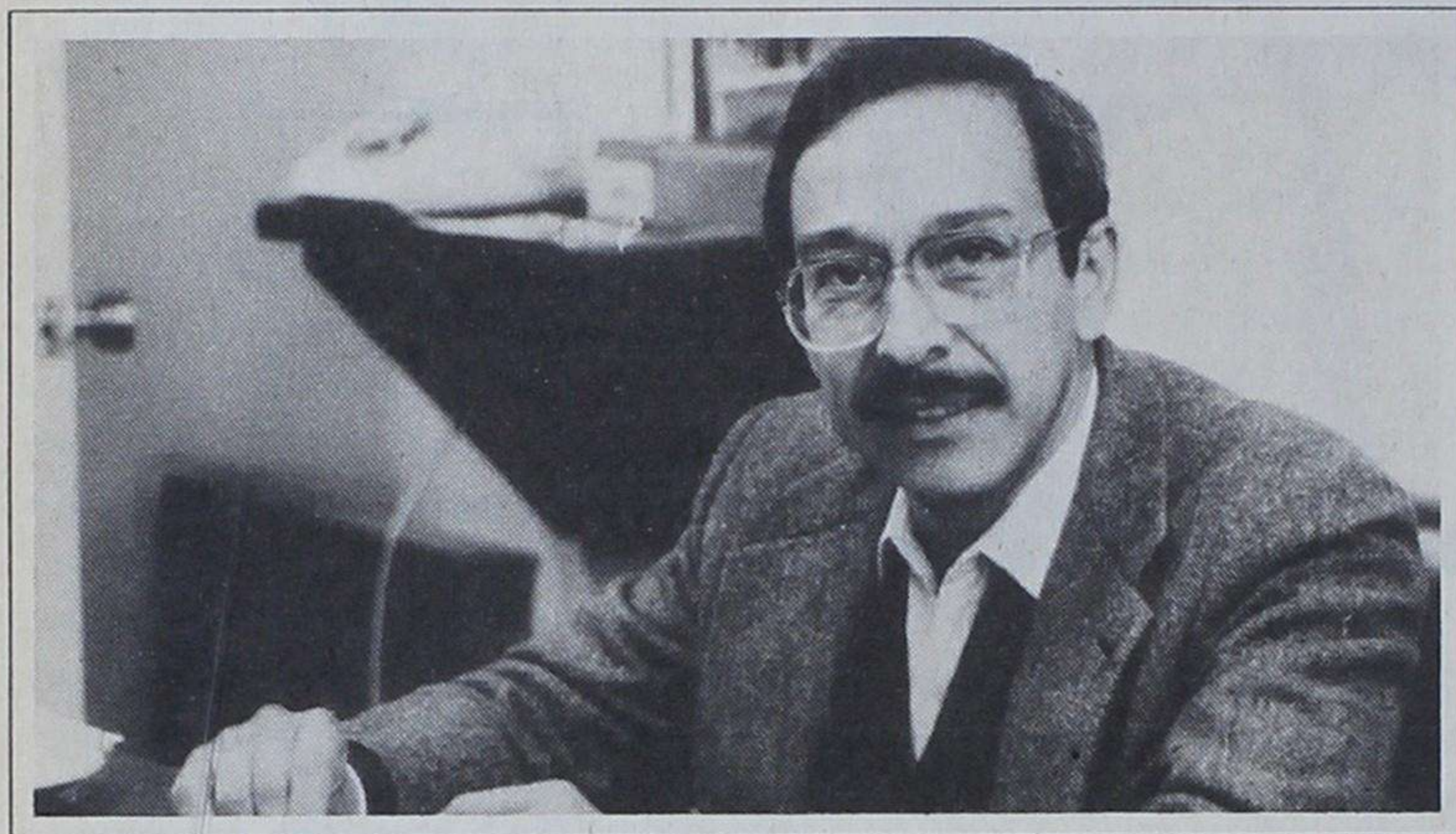
También ha dedicado parte de su tiempo a la redacción de libros de texto para licenciatura y posgrado. Uno de ellos, *Introduction to Stereochemistry and Conformational Analysis*, será publicado por la Editorial Wiley (Nueva York) a finales de 1991. El Dr. Eusebio Juaristi es miembro de la Academia de la Investigación Científica, del SNI, del consejo editorial de varias revistas científicas y ha sido invitado por la Universidad Wesleyan, en Connecticut, EUA, como "José Gómez-Ibañez Distinguished Lecturer 1986". En 1988 obtuvo el Premio en Ciencias Exactas que otorga la Academia de la Investigación Científica.



El **Lic. Manuel Bartlett Díaz**, Secretario de Educación Pública, inauguró el pasado 5 de noviembre en el Auditorio "Arturo Rosenblueth" del Cinvestav "La semana de la investigación científica". Este programa de divulgación fue organizado por la Academia de la Investigación Científica (AIC) con apoyo de la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica de la SEP. Consistió en una serie de 193 pláticas de divulgación impartidas por 163 investigadores y profesores en 38 sedes educativas, distribuidas en 27 de las 32 entidades federativas del país. En la ceremonia de inauguración participaron, además del **Lic. Bartlett Díaz**, el **Dr. Saúl Villa Treviño**, coordinador del programa y profesor titular del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV, y el **Dr. Hugo Aréchiga**, Presidente de la AIC y jefe interino del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV. Se estima que asistieron a las pláticas alrededor de 14,000 estudiantes y profesores, lo que da un promedio de 400 asistentes por institución educativa.



Magdaleno Medina Noyola, Premio de la Academia de la Investigación Científica 1990



El Dr. Magdaleno Medina Noyola, profesor titular del Departamento de Física del CINVESTAV con licencia para realizar una estancia como profesor-investigador del Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (IF-UASLP), recibió el Premio de la Academia de la Investigación Científica (AIC) 1990 en el área de las ciencias exactas. Este premio lo otorga la AIC a investigadores menores de 40 años que hayan realizado su trabajo de investigación en México. En esta ocasión, el premio en ciencias exactas fue compartido con el Dr. Luis Montejano Peimbert, investigador del Instituto de Matemáticas de la UNAM.

El Dr. Magdaleno Medina Noyola es físico egresado de la UASLP, obtuvo su maestría en ciencias (Física) en el CINVESTAV y su doctorado en fisicoquímica en la Universidad de Indiana, EUA. Se incorporó al Departamento de Física en 1981 después de hacer una estancia posdoctoral de dos años en la Universidad de California en Davis, EUA. Su producción científica incluye 23 artículos publicados en revistas con arbitraje, 8 contribuciones en memorias de reuniones científicas, 180 citas a sus trabajos, y ha graduado 7 maestros en ciencias y tres doctores en ciencias. Dos de estas tesis de doctorado recibieron el Premio Weizmann de la AIC. Su principal contribución científica ha sido el desarrollo de un esquema teórico para describir el movimiento browniano en suspensiones coloidales concentradas. Este formalismo ya ha sido incorporado a dos libros de texto de reciente aparición y fue presentado por el mismo Dr. Medina Noyola en la Discusión General de 1987 de la División Faraday de la Sociedad Real de Química de la Gran Bretaña. El Dr. Medina Noyola es el primer latinoamericano invitado por esta sociedad para presentar su trabajo de investigación en este foro.



Una delegación de la fundación Alexander von Humboldt, de la RFA, visitó el CINVESTAV el 25 de enero pasado. Estuvo encabezada por el **Dr. Reimar Lüst** y el **Dr. Heinrich Pfeiffer**, presidente y secretario general, respectivamente, de esta fundación. El propósito de esta visita fue intercambiar opiniones sobre los programas que patrocina esta fundación; en particular, sobre las becas de investigación para científicos mexicanos en visita a instituciones académicas de la RFA.



Entre el 23 y el 28 de septiembre de este año se llevará a cabo el **Primer Congreso Internacional del Amaranto**, en el centro de convenciones de Oaxtepec, Mor.

Aquellos interesados pueden enviar sus miniartículos hasta el 30 de mayo al Programa Universitario de Alimentos. Coordinación de la Investigación Científica. Cd. Universitaria. México 04510 D.F. Tels. 550-58-23 y 550-52-15 ext. 4812. Fax: 550-09-04.

También, pueden ponerse en contacto con la Dra. Magdalena Segura Nieto. Departamento de Ingeniería Genética. CINVESTAV-Irapuato. Apdo. Postal 529. Irapuato, Gto. Tel. (462)516-20. Fax: (462)512-82. La inscripción hasta el 30 de junio tiene un valor de 150 dólares o su equivalente en pesos para profesionales y 75 para estudiantes. A partir del 1 de julio el costo será de 200 y 100 dólares respectivamente.

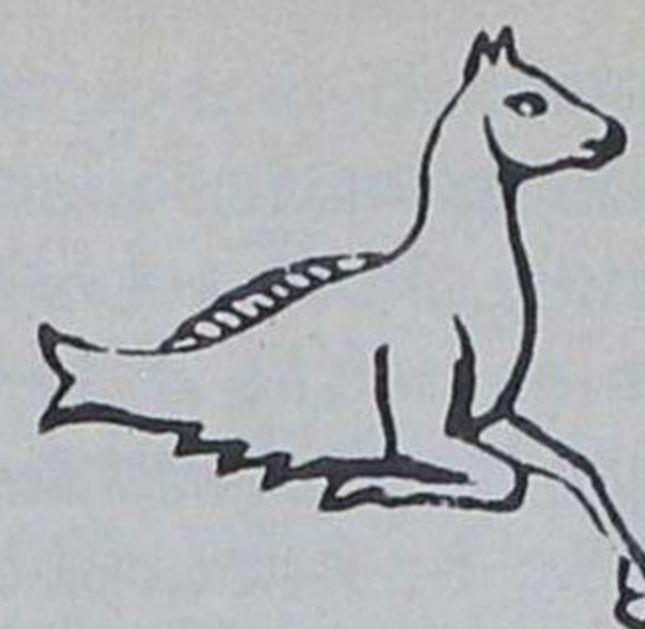
El Dr. Medina Noyola es el sexto investigador del CINVESTAV en recibir el Premio de la AIC en el área de las ciencias exactas. Los otros investigadores galardonados son: Dr. Pedro Joseph Nathan (Química, 1978), Dr. Jorge S. Helman (Física, 1979), Dr. José Luis Morán López (Física, 1985), Dra. Rosalinda Contreras (Química, 1986) y Dr. Eusebio Juaristi (Química, 1988).

Rogelio Arellano Ostoa y Alejandro Vizcarra Rendón, Premios Weizmann 1990

La Academia de la Investigación Científica (AIC) otorgó a dos egresados del CINVESTAV los Premios Weizmann 1990. Estos premios se otorgan a las mejores tesis doctorales en las áreas de las ciencias exactas y naturales que sean realizadas en México por estudiantes menores de 35 años. El Dr. Rogelio Arellano Ostoa recibió este premio en el área de las ciencias naturales y el Dr. Alejandro Vizcarra Rendón en el área de las ciencias exactas. Los Premios Weizmann están patrocinados por la Asociación Mexicana de Amigos del Instituto Weizmann y la AIC. En esta ocasión se otorgaron tres premios en cada una de las áreas. En ciencias exactas se otorgaron dos premios más al Dr. Yu Tang —quien obtuvo su doctorado en la FI-UNAM y actualmente es profesor adjunto de la Sección de Control Automático del CINVESTAV—, y al Dr. Alberto Marcial Vela Amieva, quien obtuvo su doctorado en la UAM-I. En ciencias naturales se otorgaron también premios al Dr. Pedro Julio Collado Vides, con una tesis presentada en el IIB-UNAM, y al Dr. Luis Fernando Covarrubias Robles, con una tesis presentada en el CCH-UNAM.

El título de la tesis de Dr. Rogelio Arellano Ostoa es "Regulación intracelular de las uniones comunicantes" y fue presentada en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV. Es profesor adjunto de este departamento y realiza una estancia posdoctoral en la Universidad de California en Irvine, EUA. El director de tesis es el Dr. Fidel Ramón, profesor titular del mismo departamento. Su trabajo de tesis generó tres artículos originales publicados en revistas, tres comunicaciones en memorias de congresos y 36 citas. En el curso de su trabajo de tesis se encontró el mecanismo intracelular que determina el estado abierto o cerrado de los canales responsables de la comunicación intercelular.

La tesis del Dr. Alejandro Vizcarra Rendón fue presentada en el Departamento de Física del CINVESTAV; se titula "Teoría de difusión de trazador en suspensiones coloidales" y fue dirigida por el Dr. Magdaleno Medina Noyola, profesor titular del mismo departamento, actualmente con licencia para realizar una estancia académica en el Instituto de Física de la UASLP. Esta tesis generó cuatro artículos publicados en revistas científicas de prestigio y otro más



Verano de la Investigación Científica

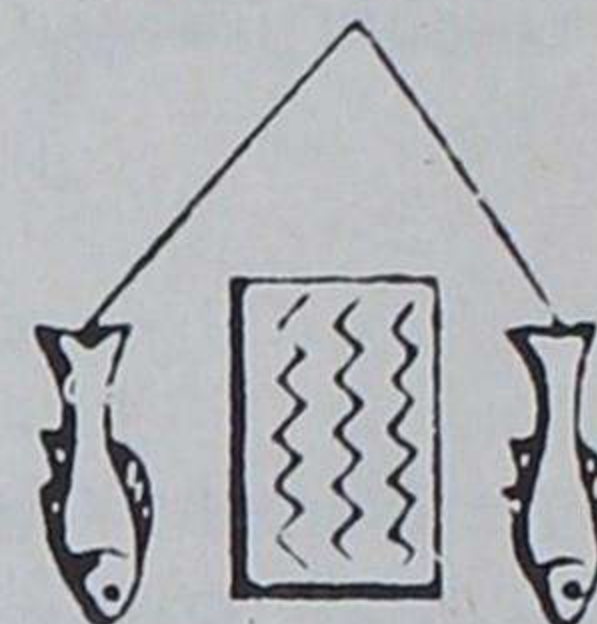
La Academia de la Investigación Científica, en colaboración con la Secretaría de Educación Pública, ha establecido el Programa Verano de la Investigación Científica, mediante el cual 100 estudiantes que hayan concluido el primer año de licenciatura en una de las instituciones de educación superior del país podrán realizar una estancia de dos meses (julio-agosto) en un laboratorio de un Investigador Nacional. El propósito de estas estancias es motivar a estudiantes jóvenes a fin de que prosigan programas de posgrado. Al término de su estancia, cada estudiante presentará el resultado de sus experiencias en una reunión que se celebrará el 2 y 3 de septiembre de 1991. El trabajo desarrollado en estas visitas podrá ser teórico o experimental.

Los estudiantes e investigadores interesados en participar en el programa deberán dirigirse al **Dr. Saúl Villa Treviño**, Departamento de Biología Celular, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, México 07000 DF. Tel: 754-02-00, ext. 5545. Fax: 586-65-64; o bien a las oficinas de la AIC: Av. San Jerónimo 260, Jardines del Pedregal. México 04500 DF. Tel: 550-39-06, 550-62-78. Fax: 550-11-43.



publicado en memorias de congresos. Hasta la fecha estos trabajos han acumulado 25 citas en la literatura sobre el tema. En particular, dos libros de textos de reciente publicación, uno sobre procesos de no equilibrio y el otro sobre dispersión de luz por macromoléculas, reproducen en detalle el esquema teórico desarrollado en su tesis. El Dr. Alejandro Vizcarra Rendón es profesor adjunto del mismo Departamento de Física del CINVESTAV y continúa su entrenamiento posdoctoral en el Laboratoire de Physico-Chemie Macromoleculaire, Le Mans, Francia.

Con estos dos premios los egresados del CINVESTAV han recibido siete Premios Weizmann. Los premios anteriores corresponden al Dr. José Luis Arauz Lara (1986, Física, asesor: Dr. M. Medina Noyola); Dr. Rolando Cavazos Lerma (1986, Matemáticas, asesor: Dr. Onésimo Hernández Lerma); Dr. Gabino Torres Vega (1987, Física, asesor: Dr. William A. Wassam); Dr. José Norberto Farfán García (1987, Química, asesora: Dra. Rosalinda Contreras); y Dra. Patricia Talamás Rohana (1988, Biología Celular, asesora: Dra. Isaura Meza).



Graduados entre octubre y diciembre de 1990

Maestros en Ciencias

Claudia María García Cuellar. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 9 de noviembre. Caracterización de una mutante de transporte de potasio en *Salmonella typhimurium* LT-2. Asesor: Dra. Guadalupe Mireya de la Garza Amaya. Continúa su doctorado en el Departamento de Biología Celular del CINVESTAV.

Humberto Santana Román. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Molecular. 27 de noviembre. Optimización del sistema "Saccharomyces cerevisiae-plásmido 2-micras" para estudiar los complejos activos en transcripción. Asesor: Dr. Samuel Zinker Ruzal y Dr. Juan Patricio Gargallo Vidal. Es auxiliar de Investigación en el Departamento de Genética y Biología Molecular del CINVESTAV.

Luis Francisco Comadurán Chavarría. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 4 de octubre. Diseño, construcción y caracterización termodinámica de un colector solar de placa plana para deshidratación de productos agrícolas. Asesor: M. en C. Carlos Cruz Mondragón. Continúa su doctorado en el Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno de la UNAM.

Juan Villafaña Rojas. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 16 de noviembre. Evaluación de alternativas para la recuperación de los productos entomopatógenos de *Bacillus thuringiensis*. Asesor: Dra. María Mayra de la Torre Martínez.

Ofir Picazo Picazo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Farmacología. 31 de octubre. La ansiedad en el ciclo estral de la rata, su regulación por

hormonas esteroideas y su modificación por agentes ansiolíticos. Asesor: Dr. José Alonso Fernández Guasti. Es profesor del Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud del IPN.

Oscar Hernando Hernández Vázquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 7 de diciembre. Identificación de fibras aferentes y patrones de despolarización asociados, producidos por la estimulación a nervios musculares, cutáneos y vías descendentes en la médula espinal del gato. Asesor: Dr. Pablo Rudomín Zevnovaty. Continúa su doctorado en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV.

Jorge Víctor Horta Vega. Maestro en Ciencias en la especialidad de Fisiología y Biofísica. 5 de octubre. Canales de sodio en subpoblaciones de lactotopos: expresión diferencial y participación en la secreción de prolactina. Asesor: Dr. Gabriel Cota Peñuelas. Continúa su doctorado en el Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV.

Lenin Guillermo Lemus Zuñiga. Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 6 de diciembre. Generador de hojas de esquemáticos Genes. Asesor: Dr. Manuel Edgardo Guzmán Rentería. Es profesor en la sección de Comunicaciones del Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV.

Terry Carol Spitzer Schwartz. Maestra en Ciencias en la especialidad de Educación. 26 de noviembre. El proceso de socialización del estudiante en la Universidad Autónoma de Chapingo: hacia la internalización de un rol profesional. Asesor: Lic. Vicente Eduardo Remedi Alione. Es Jefe del Departamento de Estadística Universitaria de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Miguel Angel Casillas Alvarado. Maestro en Ciencias en la especialidad de Educación. 6 de diciembre. El proceso de transición de la Universidad tradicional a la moderna. Asesor: Lic. Olac Fuentes Molinar. Es Coordinador de la Licenciatura en Sociología en la UAM-Azcapotzalco.

Jorge Antonio Gastelum Escalante. Maestro en Ciencias en la especialidad de Educación. 7 de diciembre. El currículum, espacio de hegemonía: el

caso del bachillerato de la Universidad Autónoma de Sinaloa. 1981. Asesor: Lic. Vicente Eduardo Remedi Alione. Es Profesor-Investigador en la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Filiberto Quevedo Garza. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 13 de diciembre. Enseñanza del cálculo integral, haciendo uso de la microcomputadora. Asesor: Dr. Fernando Antonio Hitt Espinosa. Es profesor del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo.

Ana Rosa Sahagún Castellanos. Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 14 de diciembre. Perfil académico de los alumnos al iniciar estudios universitarios en el área del ingeniería de la Universidad de Guadalajara: estudio de sus estrategias. Asesor: M. en C. Rosa María Farfán Márquez. Es profesora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Guadalajara.

José del Niño Jesús Campero Pardo. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 22 de noviembre. Estudio sobre el rediseño del discurso matemático escolar: una experiencia didáctica en cálculo de varias variables con estudiantes de humanidades. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Es profesor en el ITAM.

Alfonso Tello Garza. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 4 de octubre. Ideas físicas que dan sentido a los teoremas integrales del análisis vectorial. Asesor: Dr. Eugenio Filloy Yague. Es profesor en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente.

Faustino Yescas Martínez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 25 de octubre. Es profesor del ITESM, Edo. de México.

Carlos Enrique Zetina Moguel. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 21 de noviembre. Estudio de la mortalidad de mero (*Epinephelus morio*) en el Banco de Campeche. Asesor: M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero. Es investigador del Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Yucalpetén, Yucatán.

Wilma Rubí del Socorro Rivas Solis. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina.

13 de diciembre. Estructura de la comunidad bentónica de la parte sur del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Asesor: M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero.

María Concepción Ortiz Hernández. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 11 de diciembre. Los poliquetos de la Sonda de Campeche y Canal de Yucatán. Su relación con los hidrocarburos. Asesores: M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero y M. en C. Sergio Ignacio Salazar Vallejo.

Moisés Iván Caballero Mellado. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 11 de diciembre. Efectos de la variación de lípidos en la dieta y sus efectos sobre el crecimiento y la sobrevivencia de juveniles de *Cichlasoma urophthalmus* Gunther. Asesor: Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios. Es sub-coordinador estatal de cartografía del Instituto Nacional Electoral.

Ricardo Pérez Enríquez. Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 13 de diciembre. Evaluación del crecimiento de la macroalga roja *Eucheuma isiforme* (C. Agardh) J. Agardh, en sistemas experimentales de cultivo en el litoral del Estado de Yucatán. Asesor: Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios. Es jefe del Departamento de Acuicultura en la Delegación Federal de Pesca en Yucatán.

Ana Minerva Arce Ibarra. Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 14 de diciembre. Estimación del crecimiento de la langosta espinosa *Panulirus argus* Latreille) con metodologías convencionales y a través de funciones de singularidad. Asesor: Dr. Juan Carlos Seijo Gutiérrez y M. en C. Silvia Salas Márquez. Es investigador en la Delegación Federal de Pesca de Michoacán.

Doctores en Ciencias

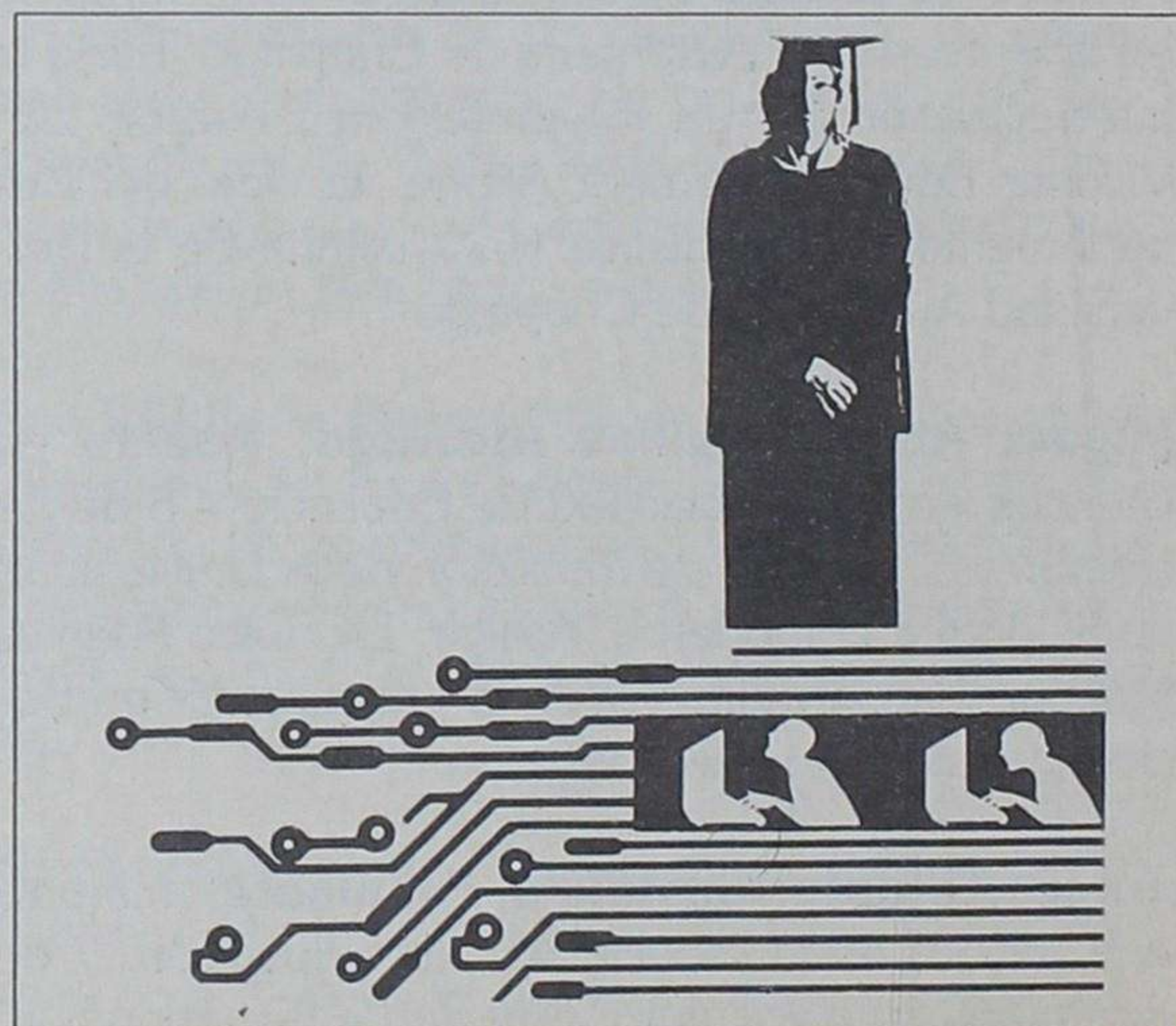
Marco Antonio Meraz Rios. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biología Celular. 23 de noviembre. Caracterización de un antígeno inmunodominante variable de cepas patógenas y no-patógenas de *E. histolytica*. Asesor: Dra. Isaura Meza Gómez-Palacio. Continúa su posdoctorado en la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, EUA.

Honorina Ruiz Estrada. Doctora en Ciencias en la especialidad de Física. 23 de noviembre. Estructura y movimiento browniano en mezclas coloidales. Asesores: Dr. Magdaleno Medina Noyola y Dr. Bernardo José Luis Arauz Lara. Continúa su posdoctorado en el Departamento de Física del CINVESTAV.

José Antonio Gilberto Arias. Doctor en Ciencias en la especialidad de Fisiología. 26 de noviembre. Modulación de la síntesis de dopamina por receptores presinápticos. Asesores: Dr. Jorge Aceves Ruiz y Dr. Daniel Martínez Fong. Continúa su posdoctorado en el Departamento de Farmacología de la Universidad de Cambridge, Inglaterra.

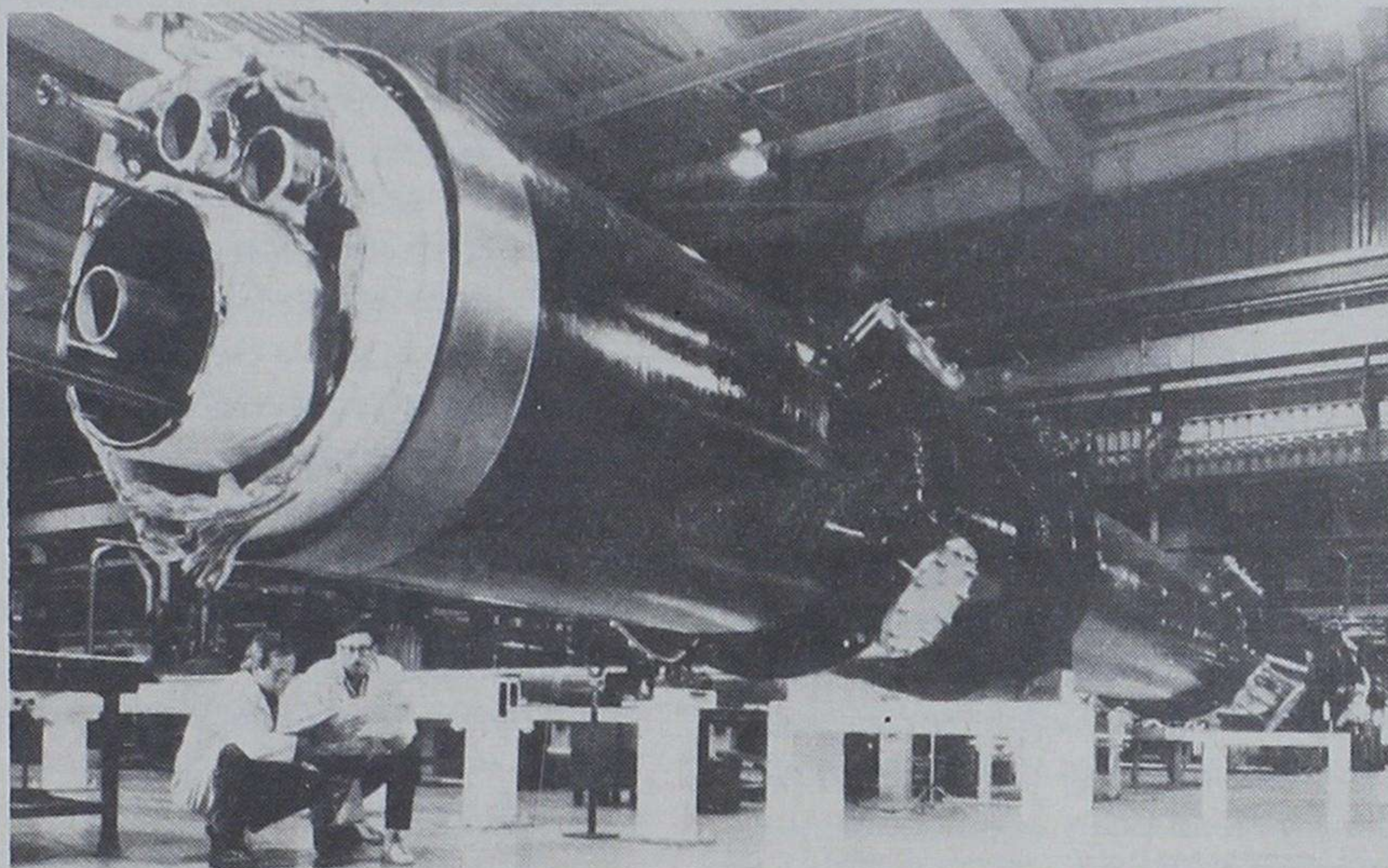
David Erasmo García Díaz. Doctor en Ciencias en la especialidad de Biofísica. 11 de diciembre. Acople excitación-contracción en el músculo esquelético: efecto de los aniones liotrópicos sobre el movimiento de carga, las corrientes de calcio y los cambios transitorios en el calcio libre mioplasmático medidos con colorantes. Asesor: Dr. Jorge Alberto Sánchez Rodríguez. Continúa su posdoctorado en el Max-Planck-Institut für Psychiatrie, Alemania.

María de Ibarrola Nicolín. Doctora en Ciencias en la especialidad de Educación. 6 de diciembre. Proyecto socioeducativo, institución escolar y mercado de trabajo: el caso del técnico medio agropecuario. Asesor: Dr. Guillermo de la Peña Topete. Continúa formando parte de la planta de profesores del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV.



Innovaciones Educativas

La enseñanza de las ciencias y la comunidad científica



Jesús Alarcón Bortolussi, Elisa Bonilla Rius, Luis Enrique Moreno Armella, Blanca Margarita Parra Mosqueda, Mirela Rigo Lemini, Guillermina Waldegg Casanova

La enseñanza de las ciencias —a todos los niveles escolares— plantea una serie de problemas cuyas soluciones requieren del concurso de una amplia gama de especialistas, entre quienes destacan los creadores mismos de la ciencia. La participación de la comunidad científica en estos problemas no puede ser esporádica ni incidental sino, por el contrario, debe formar parte de su quehacer cotidiano. Ante la inminente reforma de planes y programas de estudio para la educación básica y media-básica

que ha puesto en marcha la Secretaría de Educación Pública, como la principal acción concreta del Programa Nacional de Modernización Educativa, consideramos oportuno compartir nuestras reflexiones con los profesores e investigadores del CINVESTAV, invitándolos a que reconozcan como suyos los problemas de la educación científica y acepten el reto de participar en la búsqueda de soluciones alternativas o complementarias a las que proponen las autoridades.

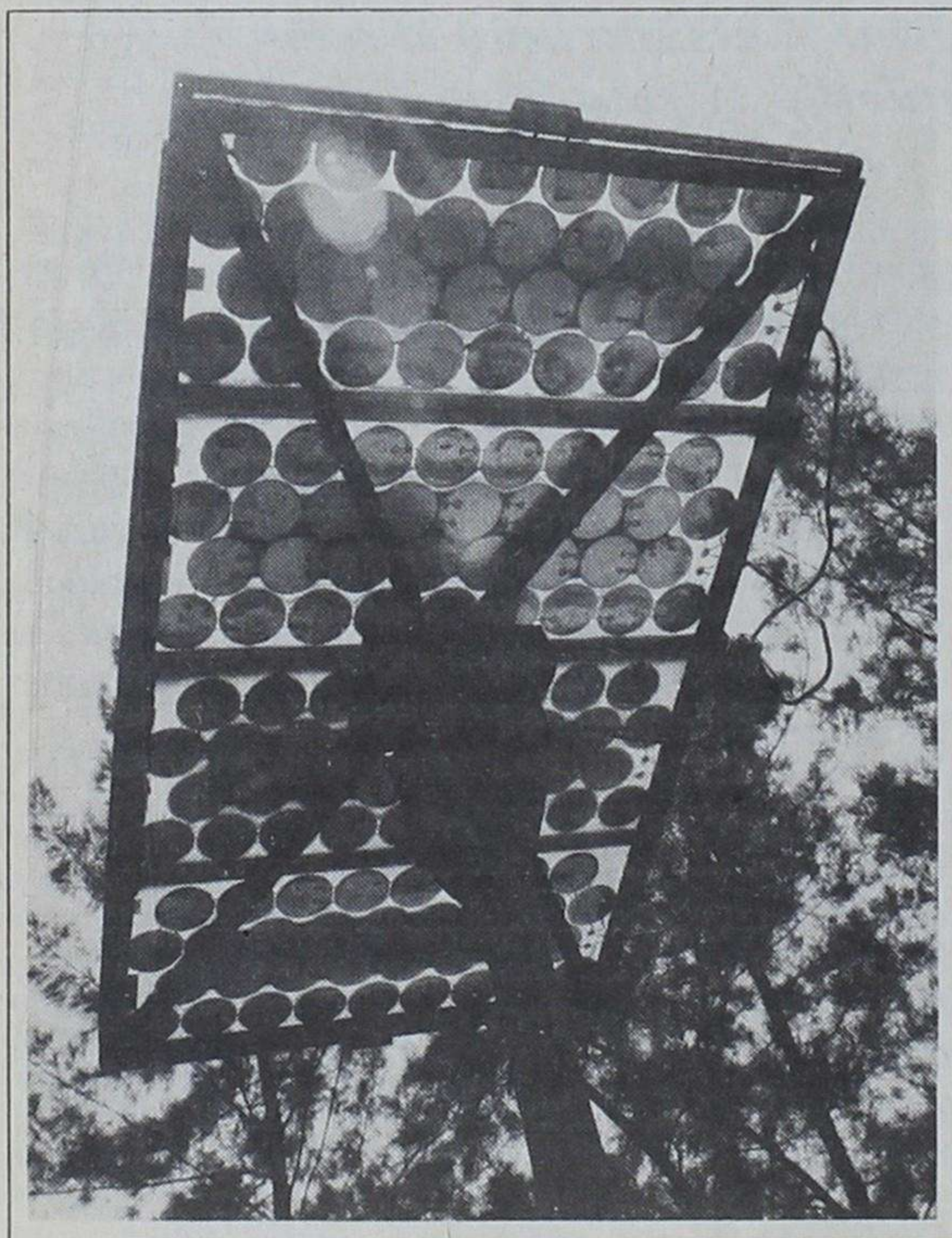
El Dr. Jesús Alarcón es profesor titular de la Sección de Matemática Educativa del CINVESTAV. Su campo de investigación es la didáctica de la probabilidad y la formación de profesores. La M. en C. Elisa Bonilla Rius es profesora adjunta en el Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV. Su campo de investigación es la etnomatemática y la Teoría de la Educación Matemática. El Dr. Luis E. Moreno A. es profesor titular en la Sección de Matemática Educativa, comisionado a la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del CINVESTAV. Su campo de investigación es la Historia y la Epistemología del Análisis Matemático.

La Dra. Blanca Margarita Parra es profesora titular en la Sección de Matemática Educativa del CINVESTAV. Su campo de investigación es la adquisición del concepto de variable y los problemas afectivos en el aprendizaje de la matemática. La M. en C. Mirela Rigo es Profesor Auxiliar en la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del CINVESTAV. Su campo de investigación es la Historia y la Epistemología del número real y el continuo matemático. La Dra. Guillermina Waldegg es profesora titular en la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del CINVESTAV. Su campo de investigación es la Historia y la Epistemología de los procesos y conjuntos infinitos en la Matemática.

La educación científica y el desarrollo

Las características de las sociedades contemporáneas están marcadas por los avances científicos y tecnológicos. Recíprocamente, el desarrollo de la ciencia y la tecnología sigue direcciones señaladas por factores sociales, económicos y políticos. Como resultado de este juego de interacciones —cuya propia dinámica acelera los procesos de cambio— crece la complejidad, tanto de la sociedad, como de las conceptualizaciones y teorías científicas.

Bajo tales circunstancias, es imperativo de toda sociedad que los sistemas educativos respondan a la necesidad de preparar a las generaciones futuras para vivir en un mundo con estas características de continuo cambio y para que las innovaciones tecnológicas, producto del desarrollo científico, no sean un instrumento de dominación, sino un medio para que todo ciudadano acceda a niveles reales de progreso y bienestar. En México es un imperativo social que enfrentemos el reto de integrarnos al desarrollo mundial, generando y adaptando avances científicos y tecnológicos, e incorporándolos de manera orgánica a nuestra propia cultura.



La cultura científica y tecnológica

Debemos reconocer que, no obstante los grandes esfuerzos que realizan las universidades y los centros de investigación, y a pesar de la capacidad y creatividad de los científicos mexicanos, las aportaciones de la comunidad científica nacional a la generación del conocimiento, su consiguiente incorporación al sistema productivo mediante desarrollos tecnológicos y su difusión a amplias capas de la población, no han tenido todavía un impacto suficientemente significativo. Entre las causas —múltiples y complejas— que generan esta situación destaca la escasa *cultura científica y tecnológica* de la población de nuestro país.

No es una tarea fácil ni inmediata definir qué es o en qué consiste la cultura científica y tecnológica en una sociedad determinada. De hecho, corresponde a la misma sociedad, a través de sus comunidades más preparadas, determinar sus propios criterios para llegar a tal definición. No obstante, como una primera aproximación, señalamos a continuación algunos aspectos generales que ponen de manifiesto los nexos entre cultura y actividad científica.

Decimos que una sociedad es “científicamente culta” si está en condiciones de conocer y valorar el quehacer del científico (y, con ello, de proporcionarle el reconocimiento social y económico correspondiente). Dentro de tal sociedad, la carrera científica tiene motivaciones suficientes como para que un número significativo de estudiantes decida dedicar su vida profesional al trabajo científico. Una comunidad numerosa, que trabaja con recursos suficientes, genera una producción científica rica.

La sociedad con cultura científica y tecnológica está preparada para reconocer, recibir y aprovechar un desarrollo científico o tecnológico de importancia. El impacto que tal desarrollo tenga en la sociedad depende de la oportunidad con la que se le aproveche; el tiempo que se requiere para que un conocimiento generado se difunda, se aplique y se explote, debe ser breve y ocurrir antes de que se vuelva obsoleto frente a las innovaciones que surgen en otros países.

Finalmente, una sociedad que reconoce la importancia de la ciencia y de la tecnología demanda políticas científicas precisas, adecuadas y efectivas, y vigila su aplicación rigurosa.

Por otra parte, cuando hay una tradición y producción científica amplia, se cuenta con un sistema eficiente de comunicación de la ciencia, y con los materiales paralelos que la propia comunidad científica produce a fin de hacer llegar la ciencia a amplias capas de la población. Se da así la integración del conocimiento científico a la propia cultura, con lo que se cierra el círculo cultura-producción-cultura.

Generar y fortalecer una cultura científica y tecnológica en sectores cada vez más amplios de la población es una tarea eminentemente educativa, indispensable para producir un impulso real y permanente a la investigación y a la creación científica en nuestro país. Pero esta tarea no concierne exclusivamente a los enseñantes, ni es responsabilidad sólo de la escuela; la comunidad científica tiene en ella un papel primordial.

Panorama de la enseñanza de las ciencias

La enseñanza de las ciencias enfrenta ahora problemas muy diferentes a los que se presentaban hace algunas décadas. Aun países con larga tradición científica y tecnológica, reconocen que sus sistemas de comunicación y enseñanza de las ciencias tienen dificultades para encarar y resolver los problemas que se plantean al concluir el siglo XX.

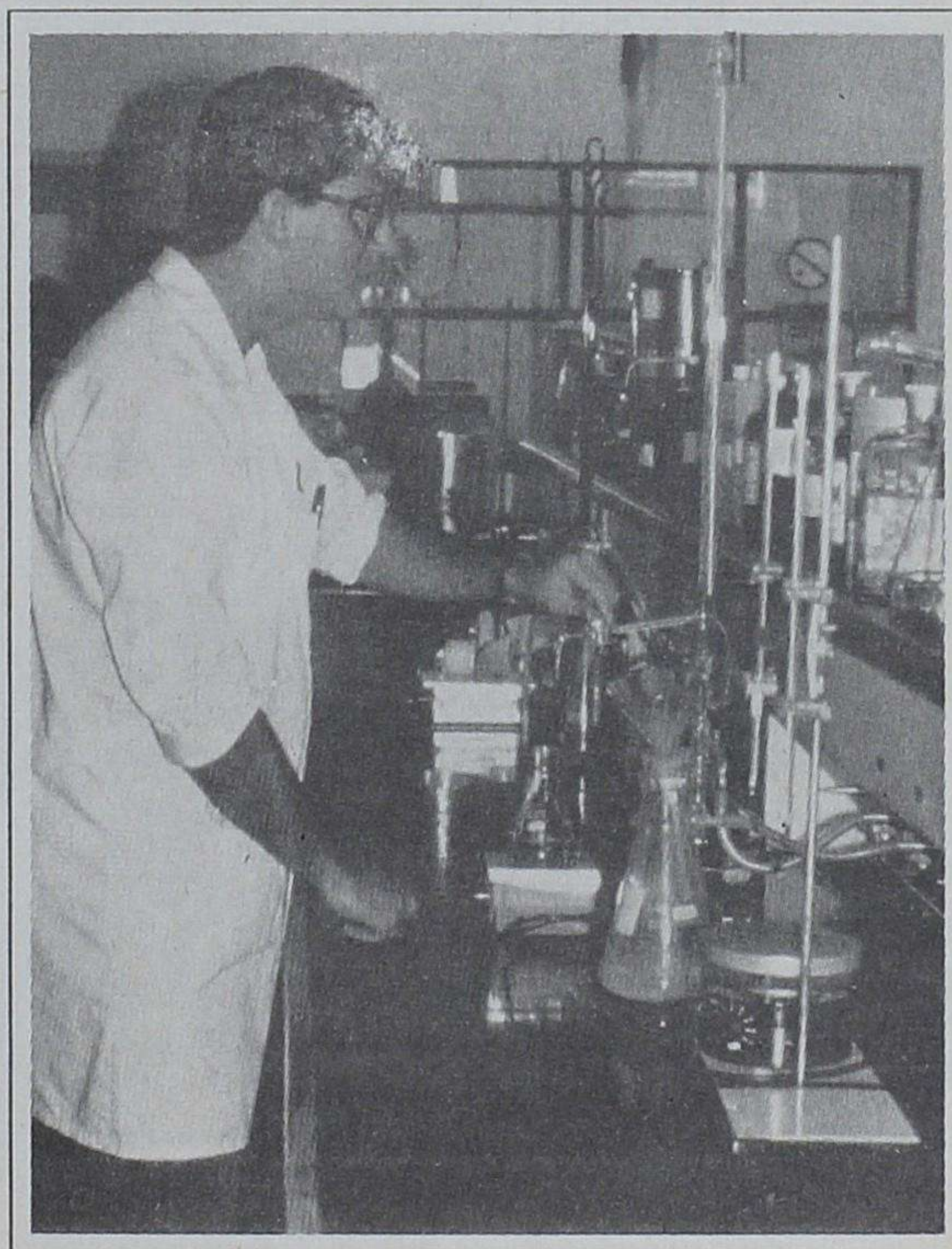
A finales de los años cincuenta y principios de los sesenta, los países avanzados desarrollaron un amplio movimiento para renovar los contenidos y los métodos de la enseñanza, a fin de adecuarla a las necesidades de un mundo en el que la ciencia juega un papel preponderante. Entonces como ahora, se pensaba que el desarrollo científico era permanente y que la población debía estar en posibilidades de cambiar también. La educación científica era el instrumento idóneo para materializar ese pensamiento. Actualmente, aunque compartimos estas concepciones, debemos reconocer que este movimiento renovador fracasó o dejó sin satisfacer las expectativas generadas.

Tanto científicos como educadores tuvieron dificultades para entender las condiciones bajo las cuales se realizaban los cambios curriculares. En particular, no se reconoció que las modificaciones a los con-

tenidos producían un rompimiento con una concepción de la ciencia implícita en los contenidos tradicionales. Junto con los nuevos programas, se debió prever la incorporación de una nueva concepción de las ciencias, en donde se hicieran explícitas sus interrelaciones y la dinámica propia de la actividad científica y de la generación del conocimiento. Por la ausencia de esta componente, los nuevos contenidos, propuestos en un afán sincero de mejorar la enseñanza de las ciencias, en la práctica se convirtieron en apéndices de los contenidos tradicionales. Fueron además transmitidos a los profesores mediante mecanismos ineficientes y obsoletos y, en muchos casos, reprodujeron vicios y defectos de la enseñanza tradicional que intentaban renovar.

En nuestro país, la reforma educativa de la década de los años setenta recogió muchos de los resultados de los movimientos renovadores del mundo e incorporó concepciones y contribuciones propias tan atinadas como los libros de texto gratuitos. No obstante, los resultados quedaron muy por debajo de las expectativas.

Los cambios propuestos a partir de los años cincuenta tienen, sin embargo, el mérito de haber



renovado en el mundo el interés en los problemas que plantea la enseñanza de las ciencias y de habernos hecho conscientes de nuestras limitaciones. Ahora sabemos que la enseñanza de las ciencias es un problema real que no puede resolverse con la sola participación incidental de los científicos, sino que requiere un sistema de comunicación en el que participen, en forma orgánica, los científicos, los usuarios de las ciencias, los profesores encargados de transmitirlos y los investigadores de los fenómenos educativos.

Las ciencias en la educación básica en México

Los programas actuales de ciencias para la educación básica y media básica en nuestro país —misimos que en estos momentos están siendo modificados— datan de los años setenta y son producto de la reforma iniciada, a nivel internacional, en el decenio anterior. *Las Resoluciones de Chetumal*, documento rector de los programas de secundaria, señalaba que “hay una contradicción entre las nuevas necesidades, producto de la revolución científica y tecnológica, y las estructuras heredadas que impiden modos de convivencia más justos y racionales”. Sugería, por tanto, que “la renovación de la ciencia” debería ser un factor para “impulsar el desarrollo independiente de las regiones margi-

nadas”, y se planteaba entonces “una reforma educativa que promueva una revolución científica y tecnológica” acompañada de una revolución cultural. Según el entonces Secretario de Educación Pública, Víctor Bravo Ahuja, esta revolución científica y tecnológica establecía la urgencia de reorientar las metas y los contenidos del proceso educativo, y el uso de nuevas tecnologías “para el disfrute de los recursos por el mayor número posible de personas” y para “procurarle al hombre una imagen comprensiva de la realidad”¹.

A partir de entonces tomaron cuerpo la reforma educativa y los programas que constituyen su columna vertebral. En cuanto a la enseñanza de las ciencias para la escuela secundaria, la innovación resultante fue la propuesta de un programa por áreas. El área de Ciencias Naturales intentó conjuntar las tres asignaturas científicas tradicionales (Biología, Física y Química). Esta articulación de asignaturas estaba fundamentada en el argumento de que “los fenómenos naturales no se producen aisladamente”.

En contraste con esta visión progresista de las ciencias, el programa de Ciencias Naturales solamente se limitó a recopilar y entremezclar los objetivos que antes se señalaban por separado para cada una de las asignaturas mencionadas, de manera tan evidente que es posible todavía reconocer y reordenar los que corresponden a cada una de



las asignaturas tradicionales. El intento de integración fue fallido pues no logró, en ningún momento, el estudio de un fenómeno con el concurso simultáneo de las tres disciplinas.

Por otra parte, el programa mantuvo, como premisa fundamental de cada asignatura, la concepción obsoleta de que el "Método Científico" es único para todas las ciencias y que de él emana todo conocimiento. Para valorar este método, lo que constituye el primero de los tres objetivos generales del programa del área, se proponen una serie de experimentos en el laboratorio de los cuales se derivan directamente las "leyes de la naturaleza". Este acercamiento favorece una imagen estática tanto de las ciencias como de sus métodos, y supone, además, una transición sin intermediarios de la situación experimental a la conceptualización teórica.

Si en los contenidos de los programas no se logró estructurar el área de ciencias, en lo relativo a los profesores encargados de impartir las diferentes asignaturas la estructuración resultó más difícil. El desconocimiento que muchos profesores tenían de las distintas asignaturas del área y la distribución de sus cargas horarias en diferentes escuelas, hizo prácticamente imposible la formación de grupos interdisciplinarios de profesores, necesarios para generar esta visión integrada de las ciencias.

La reforma tuvo sólo un carácter formal, no sustancial, y en poco tiempo se hicieron evidentes los efectos colaterales derivados de las contradicciones entre los principios declarados, los contenidos y la puesta en práctica del plan. En las circunstancias actuales es preciso aprovechar estas experiencias para que las directrices señaladas por las autoridades educativas no sólo no inhiban los intereses generados dentro de la comunidad científica y educativa, sino que propicien que estas iniciativas puedan desarrollarse y consolidarse en programas con mayor alcance y profundidad.

La crisis del currículum

En el estudio de los procesos educativos relativos al conocimiento científico, es usual establecer una distinción (no exhaustiva) entre "qué enseñar" y "cómo enseñar". Esta distinción plantea dos formas distintas de abordar los problemas de la educación.

El "qué enseñar" se inscribe en lo que podríamos llamar el *subsistema de los contenidos curriculares*. Las preguntas que se plantean en este subsistema se refieren a la estructuración global del conocimiento científico, los objetivos generales de la enseñanza de las ciencias, la articulación entre los distintos elementos de una estructura curricular y la conformación y configuración de una cultura científica.

El "cómo enseñar" se sitúa en el *subsistema de la puesta en marcha del currículum*. La investigación que se realiza en este subsistema supone que el problema de determinar los contenidos curriculares está resuelto y se plantea encontrar las mejores formas de transmitirlo. Esto implica que la reflexión se concentra en los objetos del currículum, independientemente de las relaciones que ellos guarden con otros contenidos y otros elementos curriculares.

La responsabilidad de resolver los problemas planteados en el primer subsistema había recaído tácitamente sobre la comunidad científica, creadora del conocimiento. Esta, a través de sus figuras prominentes, o mediante consensos implícitos, estuvo siempre en posibilidades de definir los contenidos educacionales que garantizaran una cultura científica básica. El currículum así diseñado tenía características de permanencia, derivadas de razones históricas y filosóficas.

Los cambios en las formas de producir y de concebir el conocimiento científico, la complejización de este conocimiento y la explosión de la información y de sus medios, coincidieron con la necesidad de extender la educación científica a sectores cada vez más amplios de la población. Ante una situación que en ese momento rebasaba a la comunidad científica, el problema de definir los contenidos de la educación se desplazó hacia la "tecnología educativa", que es un producto de la tendencia hacia la especialización inducida por el desarrollo científico y entre cuyas funciones se encontraba definir métodos para el diseño del currículum. El subsistema de los contenidos curriculares pasó entonces, de manera casi exclusiva, a manos de educadores, pedagogos y técnicos educativos, quedando con ello marginada la comunidad científica.

La reforma de las matemáticas modernas

El ejemplo en donde se ve más claramente la crisis del currículum y los efectos de las modificaciones llevadas a cabo en los años sesenta es la llamada reforma de las matemáticas modernas. Esta ocurrió en todo el mundo y en todos los niveles escolares, desde el jardín de niños hasta el posgrado, con el objeto de modernizar la enseñanza de esta disciplina. El nombre de "matemáticas modernas" resultó demasiado ambicioso, pues la reforma casi no tomó en cuenta las matemáticas desarrolladas durante el siglo XX, ni sus aplicaciones modernas. Podemos decir que el cambio se limitó a introducir en los contenidos tradicionales de la enseñanza sólo parte del conocimiento matemático generado a finales del siglo pasado y a principios del presente. La reforma tampoco previó —ni podía prever— la aparición de las computadoras de bajo costo y la forma en que ellas afectarían la vida de finales del siglo.

La introducción de las "matemáticas modernas" en la escuela produjo una gran discusión en la que participaron tanto matemáticos profesionales como profesores de la disciplina. Junto a los que defendían y propugnaban por la reforma hubo otros que criticaron, a veces muy acerbamente, sus contenidos y la forma en la que eran transmitidos a los estudiantes. Esta discusión renovó el interés en la enseñanza de las matemáticas y surgieron por todo el mundo centros de investigación en educación matemática, ligados o cercanos a las comunidades matemáticas.

Algunos piensan que las fallas de la reforma se debieron a que los cambios fueron propuestos por matemáticos sin tomar en cuenta a educadores y pedagogos. Sin embargo, los cambios realizados entonces no reflejaron el consenso —quizá porque no lo había— de la comunidad matemática sobre una nueva cultura en la escuela. Es cierto que algunos matemáticos defendieron fuertemente los contenidos de la reforma, pero la mayoría fueron tomados por sorpresa y sólo participaron en ella de manera incidental y *a posteriori*.

En realidad, los contenidos introducidos con la reforma entraron en resonancia con otros movimientos renovadores —como la educación progra-

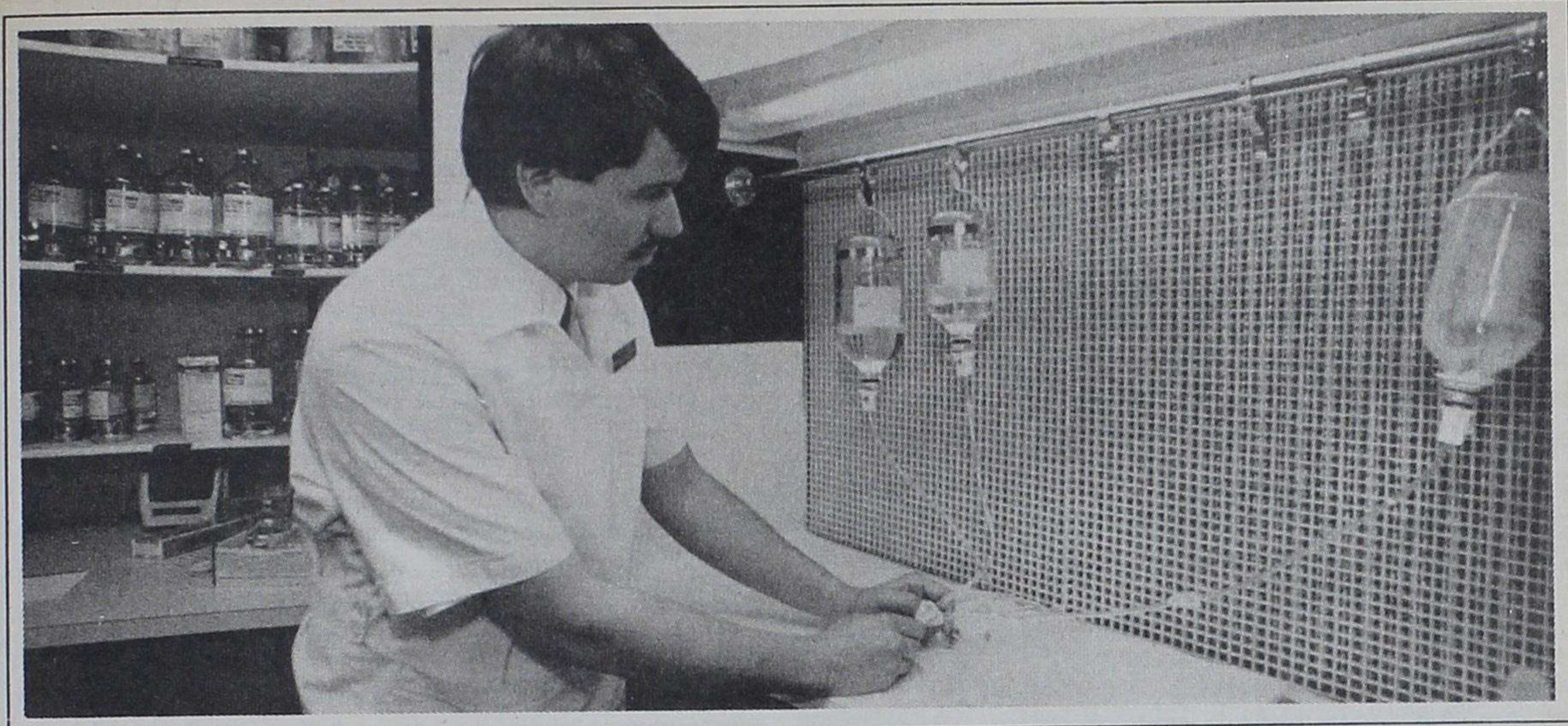
mada o la programación por objetivos—, que se habían venido desarrollando en forma paralela y tuvieron ocasión de manifestarse e influir ampliamente en cuanto apareció la necesidad del cambio. Así, las "matemáticas modernas" fueron un fenómeno compañero de otros que se manifestaron casi simultáneamente en la enseñanza y no el resultado de una propuesta de la comunidad de matemáticos.

La reforma se acompañó de cursos de actualización y formación para capacitar a los profesores en los nuevos programas. En estos cursos los matemáticos mostraron la misma falta de autonomía que ya habían exhibido frente a los contenidos de la reforma y, en el mejor de los casos, trataron de presentar estos contenidos "correctamente". Para muchos matemáticos fue traumático darse cuenta que los profesores de primaria y secundaria o no sabían, o sabían muy pocas matemáticas. De ahí que, al producirse el movimiento de reciclaje de los profesores, los planes de formación adquirieran un fuerte carácter propedéutico.

Quizás uno de los efectos más negativos del carácter propedéutico de los planes de formación fue que implicaban la idea tácita (y por tanto, difícil de hacer consciente) que los conceptos matemáticos tienen significados inalterados e inalterables frente a los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Esta concepción se filtró a través de todos los niveles escolares y tuvo repercusiones en la educación.

Mirando retrospectivamente, las "matemáticas modernas" representaron una ruptura no sólo con los contenidos tradicionales de la enseñanza de las matemáticas, sino con la concepción de la ciencia derivada de ellos. Esta ruptura ocurrió sin que al mismo tiempo se ofreciera una alternativa coherente, que conjugara los contenidos con una nueva visión de la matemática.

Los cursos tradicionales de matemáticas enseñados hasta antes de la reforma se establecieron durante un largo proceso, en el cual sus contenidos se fueron decantando y modificando poco a poco, sin apartarse abruptamente de un plan maestro original. Es ilustrativo comparar el diseño de los cursos tradicionales de matemáticas con la construcción de las catedrales góticas. Una catedral



gótica se construye a lo largo de varios siglos, con la participación de muchos arquitectos, artistas y artesanos que hacen modificaciones, pero sin apartarse de un plan maestro diseñado por un primer arquitecto, cuyo nombre muchas veces desconocemos. El diseño de los cursos tradicionales de matemáticas siguió un proceso similar, sólo que en este caso sí conocemos los nombres de los primeros arquitectos y de aquellos que contribuyeron a su desarrollo. Así, por ejemplo, el curso de geometría seguía el modelo establecido por Euclides hace más de dos mil años y el curso de álgebra conservaba la forma que le dio Euler en el siglo XVIII. El eje de los cursos de matemáticas era el curso de cálculo, cuyo objetivo era presentar a los estudiantes los algoritmos elementales del cálculo diferencial e integral y que casi no había sido tocado, por los problemas que plantea la fundamentación de dichos algoritmos.

Debido quizá a su larga permanencia, los cursos tradicionales ofrecían una visión de la matemática, de sus aplicaciones y de sus relaciones con el mundo real, que formaba parte de la cultura de los profesores desde hacía mucho tiempo. La reforma de las matemáticas modernas modificó de repente el panorama anterior, ignorando la duración de los procesos que habían generado los cursos tradicionales; se creyó que pequeños grupos de matemáticos colaborando con los técnicos educativos podían diseñar, en poco tiempo, otros cursos que presen-

taran una versión moderna de esta ciencia. Quizás el error principal fué que no nos dimos cuenta de la naturaleza de los cambios que proponíamos y de la forma en que estos cambios contrastaban con una visión de las matemáticas solidaria de los cursos tradicionales, para la cual no se ofrecía ninguna alternativa.

Los contenidos curriculares y la comunidad científica

Con la experiencia acumulada de casi cuarenta años de estudiar los problemas de la enseñanza de las ciencias que fueron evidenciados con las reformas, muchos especialistas en el mundo piensan que los centros de investigación científica deben reconocerse como corresponsables frente a estos problemas. La afirmación se basa en las siguientes razones:

En primer lugar, los centros de investigación deben procurarse más y mejores estudiantes para sus posgrados. Para ello deben incidir en la educación científica de todos los niveles escolares, aportando elementos para la construcción de un *modelo de educación científica integral* que genere una cultura científica básica en la población escolar y cuyo resultado final sea una comunidad estudiantil, amplia y vigorosa, orientada a la actividad científica.

Pero, sobre todo, la comunidad científica debe participar activa y continuamente en la definición de los contenidos educativos que constituyen la esencia de las distintas disciplinas. En el seno de esta comunidad pueden darse y tienen sentido las discusiones sobre la naturaleza y la estructura del conocimiento científico y la síntesis de dicho conocimiento. En otras palabras, sólo en la confluencia de las distintas especialidades de una disciplina se puede pensar en una síntesis de los contenidos básicos que muestren la esencia de esa disciplina. Y sólo a partir de las interacciones de las distintas ciencias, podremos definir las aportaciones que cada una de ellas debe hacer a la conformación de una cultura científica.

El conocimiento científico crece en forma exponencial; anualmente se publican no menos de un millón de artículos científicos, cerca de cincuenta mil libros relacionados directamente con la ciencia y unas diez mil monografías de investigación. El tiempo promedio de revisión de una disciplina es actualmente de unos quince años. Estas características del conocimiento científico implican un obstáculo infranqueable para el diseño de un currículum escolar concebido como una lista estática de contenidos o productos de la ciencia. Un currículum así estaría eternamente retrasado, tanto por el volumen de información que

pretendiera transmitir, como por el periodo de su vigencia². Tomando todo esto en cuenta, la tarea que aquí proponemos a la comunidad científica —su participación en la definición de los contenidos educativos— no puede ser esporádica ni incidental, sino continua e intensa.

Necesidad de grupos de especialistas

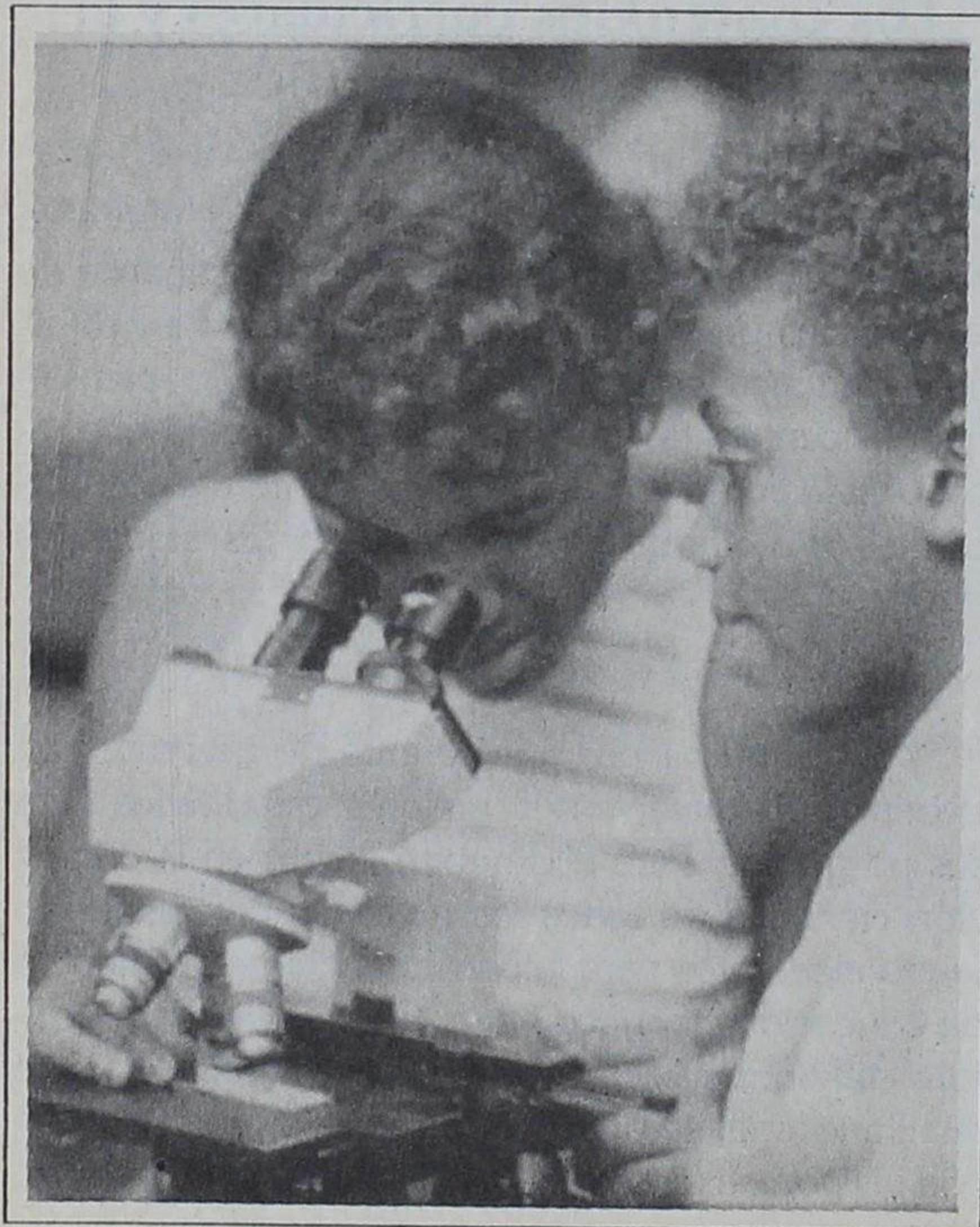
Sin embargo, la responsabilidad de definir los contenidos educativos no puede recaer exclusivamente en la comunidad científica. No es posible ignorar las aportaciones de disciplinas como la psicología evolutiva, las teorías del aprendizaje, la pedagogía y la epistemología, que han determinado profundos cambios en los contenidos educativos, en los métodos de trabajo docente y en la institución escolar.

Por otra parte, el impacto de las reformas educativas ocurridas en casi todo el mundo sirvió como detonador para la consolidación de la investigación educativa en torno al desarrollo y la evaluación del currículum científico. Todas estas áreas del conocimiento han aportado elementos para construir un cuerpo teórico que permita entender los fenómenos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Bajo este orden de cosas, la comunidad científica y los especialistas educativos deben colaborar estrechamente en la solución de este problema interdisciplinario. Es ineludible la participación de la comunidad científica, fuente de los conocimientos y las metodologías que deberán repercutir sobre las estructuras curriculares. Pero la transmisión del conocimiento científico requiere de una comunidad centrada en la investigación educativa, que prepare este proceso de comunicación.

Los investigadores y la comunicación de las ciencias

Hemos hablado ya de la necesidad de que la comunidad científica se incorpore activamente a los procesos educativos formales, contribuyendo a la definición de los contenidos educativos. Sin embargo,



esta no es la única tarea educativa en la que los científicos deben incursionar. Su participación es muy valiosa también a través de mecanismos de educación informal, como la difusión y la divulgación.

Tradicionalmente, no ha habido comunicación ni coordinación en las labores de las distintas partes que tienen injerencia en la creación y utilización del conocimiento científico: la comunidad científica, el sistema educativo y los usuarios de la ciencia.

Por una parte, los científicos están, "en mayor o menor grado, separados de los procesos educativos, de las actividades de divulgación de la ciencia, del proceso de generación de nuevos investigadores..."³ y de los usuarios finales de la ciencia.

Los profesores de enseñanza básica, por su parte, se forman en grupos aislados de los grupos que generan el conocimiento científico. No existen, dentro del ambiente normalista actual, grupos dedicados a las actividades de creación o recreación científica. En las universidades y centros de formación profesional en donde se realizan labores de investigación científica, por lo general se descuida la docencia.

Por otro lado, los usuarios de la ciencia, como los profesionistas, técnicos e industriales, casi siempre tienen una relación indirecta y circunstancial con algunas comunidades científicas (muchas veces del extranjero) a través de sus productos y desarrollos tecnológicos acabados y frecuentemente obsoletos, cuya aplicabilidad al sistema productivo nacional tiene implicaciones económicas, ecológicas, sociales y políticas no siempre deseables.⁴

Es claro que debemos abrir los canales de comunicación entre los científicos y la comunidad de usuarios actuales y potenciales. Esto no puede ocurrir de manera espontánea. Parte de las tareas consiste, precisamente, en crear un sistema de vasos comunicantes entre las distintas comunidades. El "flujo" de la comunicación debe incluir tanto a la enseñanza formal como a la difusión y a la divulgación de la ciencia.

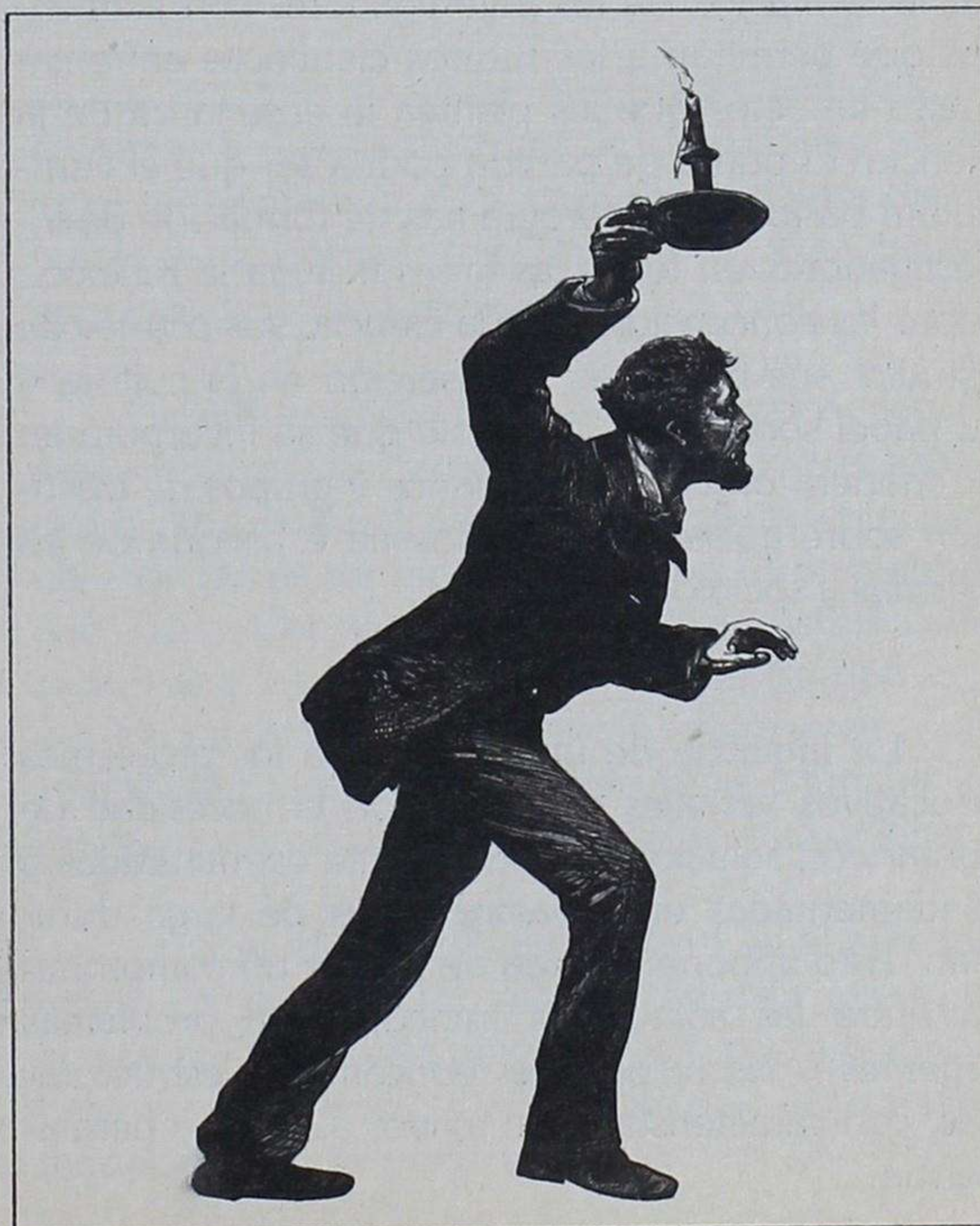
La comunidad científica, en particular la nuestra, está en condiciones de aportar elementos para construir una comunicación orgánica y permanente

entre la comunidad generadora del conocimiento científico y las comunidades que se benefician de él.

El papel del CINVESTAV

La creación de un sistema de comunicación de las ciencias requiere inicialmente de una infraestructura institucional que estimule la integración de las partes que se aboquen a tales esfuerzos. En el CINVESTAV se da la confluencia de grupos reconocidos que realizan investigación básica en ciencias experimentales y formales, innovación tecnológica, e investigación en educación y epistemología de las ciencias. Es decir, se cubren en una sola institución los aspectos relativos a la generación del conocimiento pertinentes a los problemas que plantea la comunicación y la enseñanza de las ciencias. Por lo tanto, el CINVESTAV está en capacidad de aportar elementos innovadores a la solución de estos problemas.

Dentro de los objetivos institucionales del CINVESTAV se pueden incluir aquellos que, sin desviar a los investigadores de su quehacer central, permitan dar respuesta a una necesidad prioritaria de la sociedad: la educación científica. Ellos son:



1. Buscar la síntesis de contenidos y metodologías científicas que deben permear la enseñanza de las ciencias, reconociendo la especificidad de cada una de ellas, pero también la esencia que comparten.

2. Impulsar la formación de grupos interdisciplinarios que estudien los fenómenos relativos a la enseñanza y la comunicación de las ciencias, con el fin de producir estructuraciones teóricas y metodológicas que los expliquen y, en esa medida, permitan modificarlos.

3. Institucionalizar una "correa de transmisión" entre la comunidad que produce el conocimiento científico de frontera, los investigadores educativos y los profesores de ciencias, desarrollando los canales adecuados para la comunicación entre estos grupos.

Reflexiones finales

En el futuro inmediato, el CINVESTAV también debería fortalecer y ampliar la cultura de su propia comunidad, para lo cual es necesario complementar la formación de los investigadores con elementos que permitan a los futuros científicos enfrentar mejor los retos que les plantea la enseñanza de la ciencia. El punto de partida podría ser que el currículo básico de los programas de formación de investigadores en todas las áreas incluya la reflexión sobre las concepciones de la ciencia, sus objetos de estudio, sus métodos, su inserción en la cultura y su papel social; sería deseable que se incorporaran de manera orgánica, seminarios y grupos de discusión sobre epistemología, filosofía e historia de las ciencias y sociología.

La urgencia de una solución a los problemas educativos actuales contrasta con la necesidad de contar con soluciones teóricamente estructuradas y fundamentadas en investigaciones de larga duración. Esto impone la tarea de buscar un compromiso entre las soluciones inmediatas a problemas urgentes y las respuestas teóricamente estructuradas, con características de mayor alcance y permanencia.

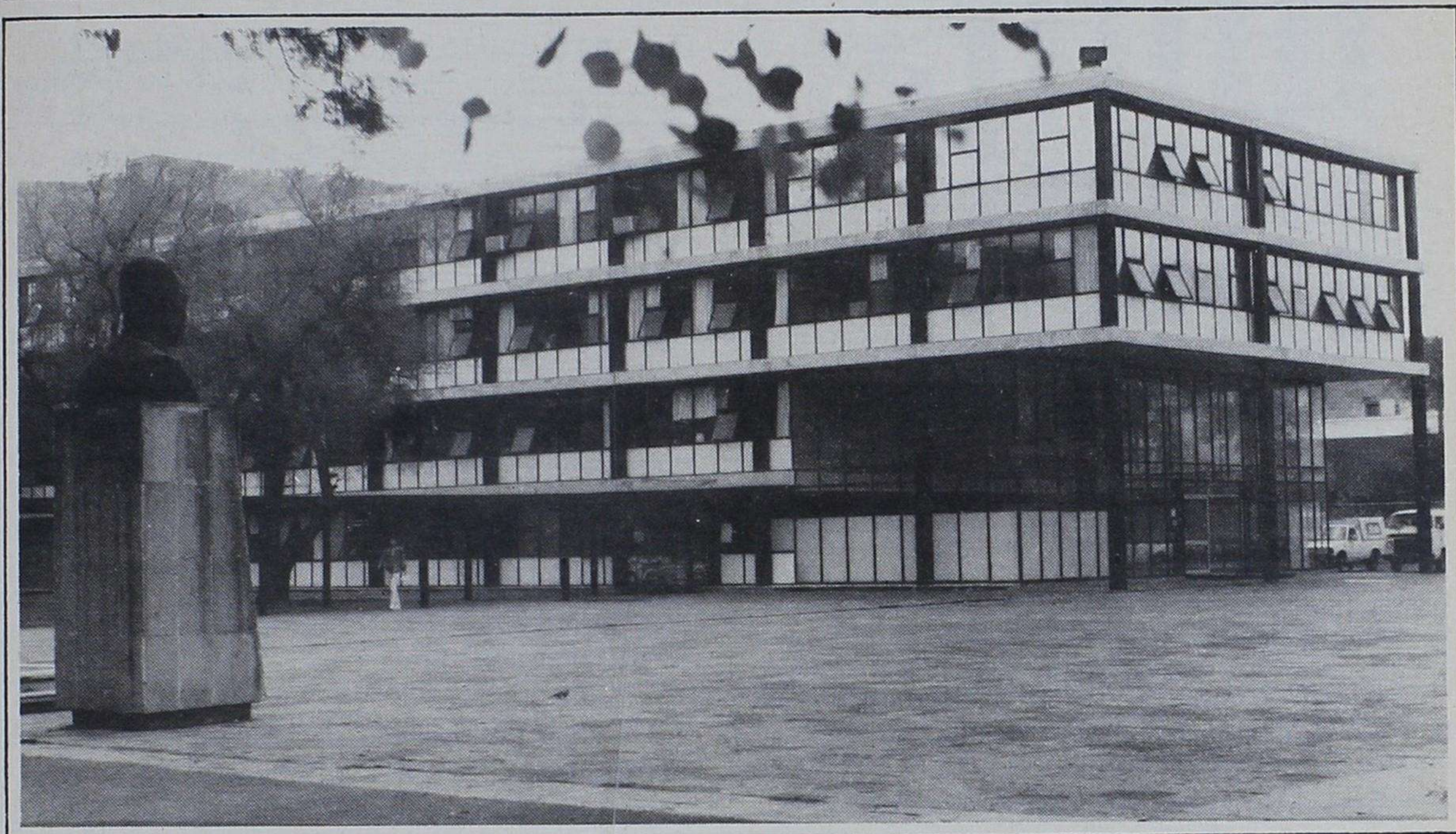
Las acciones inmediatas que en esta dirección puede proponer el CINVESTAV incluyen la estructuración y el desarrollo de experiencias compartidas con los profesores de ciencias, estableciendo, a través de estas experiencias, una retroalimentación continua de los problemas y necesidades de los profesores y de sus cursos. Un punto de partida lo constituye el análisis y discusión —con los profesores de todos los niveles educativos— de los programas actuales de ciencias para la educación básica y de los que en este momento se proponen para sustituirlos.

La comunidad científica posee una gran riqueza en productos derivados de su investigación que pueden ser utilizados de inmediato por el sistema educativo. Estos productos los constituyen textos, conferencias, cursillos, artículos de divulgación. El CINVESTAV puede convertirse en el promotor y canalizador de este tipo de productos y acciones hacia el magisterio. Estas actividades mediadoras entre la comunidad científica y el sistema educativo se inscriben dentro de las labores de comunicación de la ciencia pero su importancia primordial reside en su contribución a la solución de los problemas educativos más apremiantes.

Es conveniente también buscar un contacto mayor con las instituciones formadoras de profesores. El intercambio y el trabajo interinstitucional e interdisciplinario debe considerar, como un elemento necesario, la participación de las escuelas normales y de la Universidad Pedagógica Nacional, pues los formadores de maestros constituyen el factor multiplicador más importante para modificar las concepciones que tiene la población escolar sobre las ciencias. 

Notas

1. SEP, Dirección de Educación Media Básica: *Resoluciones de Chetumal*, México, 1974, pp 49-56.
2. *Enciclopedia Técnica de la Educación*, Vol. IV, Ed. Santillana, México, 1983, pp. 212-213.
3. Martínez Palomo, A. "¿Oferta o demanda? La necesidad de legitimación social de la ciencia en México", en *Cuadernos del Congreso Universitario* No.17, pp. 6-9, UNAM, México, 1990.
4. Nava, Héctor: "Posgrado en el CINVESTAV: una estrategia posible", en *Avance y Perspectiva*, Vol. 8 No. 40 octubre-diciembre 1989, pp. 32-44.

*Documentos***Informe del Director del CINVESTAV 1982-1990*****Héctor O. Nava Jaimes***

Hoy se cumple una etapa más en la vida de nuestra querida institución. Me corresponde informar sucintamente ante ustedes de algunos de los aspectos de mi gestión que se inició hace ocho años. Tienen los honorables señores Miembros de la Junta Directiva un informe más amplio, que estará a la disposición de la comunidad del Centro. Es imposible resumir en tan corto tiempo una difícil y delicada gestión durante este período. Sólo la confianza mutua y el apoyo a esta Dirección de mis colegas trabajadores manuales e intelectuales nos dieron aliento y fortaleza para mantener al Centro como un paradigma y una esperanza para la sociedad mexicana que nos da sustento y razón de ser.

Es un lugar común ahora, aceptar que la pasada década fue una década perdida para los países como el nuestro, por el gran deterioro económico y social. Es así, por las circunstancias imperantes entonces, que el ser nombrado Director del Centro representaba todo un desafío, pero no

menos inmenso el honor que conllevaba, por representar a una comunidad de científicos y tecnólogos de extraordinarias calidades intelectuales y humanas e intensamente entregada a su trabajo para beneficio de nuestro país.

Desafío también porque no es posible llegar a este cargo con la "experiencia previa necesaria" o con la "formación académica correspondiente", honor por haber recibido la confianza de la comunidad del Centro y de nuestras autoridades sectoriales, los Secretarios de Educación Pública y de Programación y Presupuesto, para servir a una comunidad tan selecta y tener la oportunidad de representarla en el plano nacional e internacional.

Se trata de un informe austero en el que aparecen los datos y las estadísticas más relevantes acerca del desarrollo de nuestras funciones sustantivas de investigación y de desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos de alto nivel y

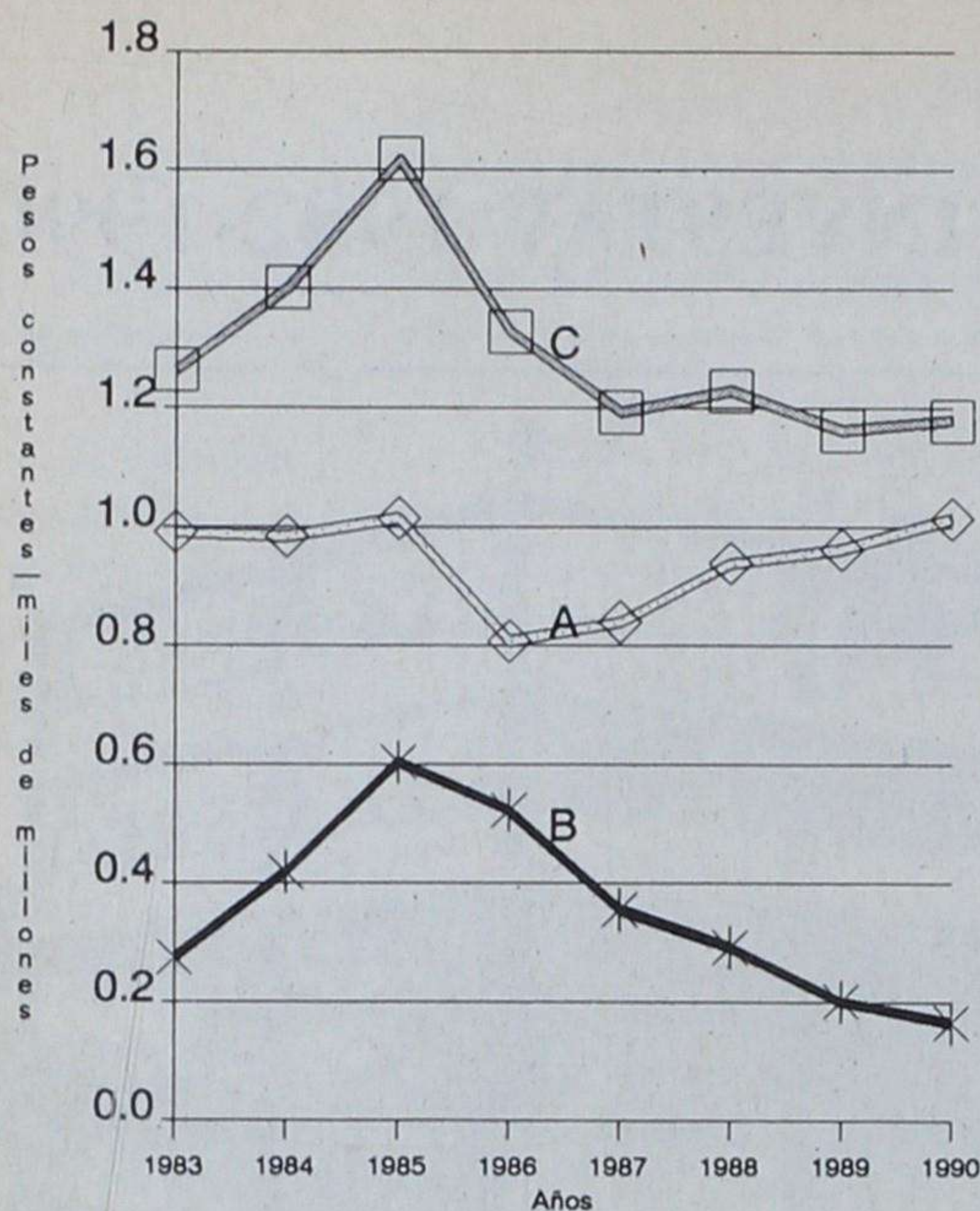


Figura 1. Recursos financieros, 1983-1990 (1982 = 100). A: Subsidio federal; B: Recursos extraordinarios; C: Total.

contribución a la solución de problemas nacionales prioritarios durante los últimos ocho años.

Sin embargo, no aparece en él, porque difícilmente puede reflejarse en un informe, la esencia de nuestros procesos cotidianos de trabajo y de las relaciones académicas en el interior de la institución, que determinan la calidad de los productos de trabajo que han caracterizado este período y porque en tan corto tiempo, a pesar del esfuerzo que hiciese en este momento, no lograría transmitir ante esta audiencia, que me es grata, las vivencias, las relaciones y los procesos institucionales que hemos compartido en este período para mantener, construir, alentar, corregir, fortalecer las acciones que nos han permitido conservar a toda costa la calidad académica del Centro y llegar a este momento que debe augurar nuevos y mejores horizontes para nuestra institución.

Crecimiento y consolidación del CINVESTAV

Centraré esta breve presentación en tres temas que me parece sintetizan en forma válida la naturaleza

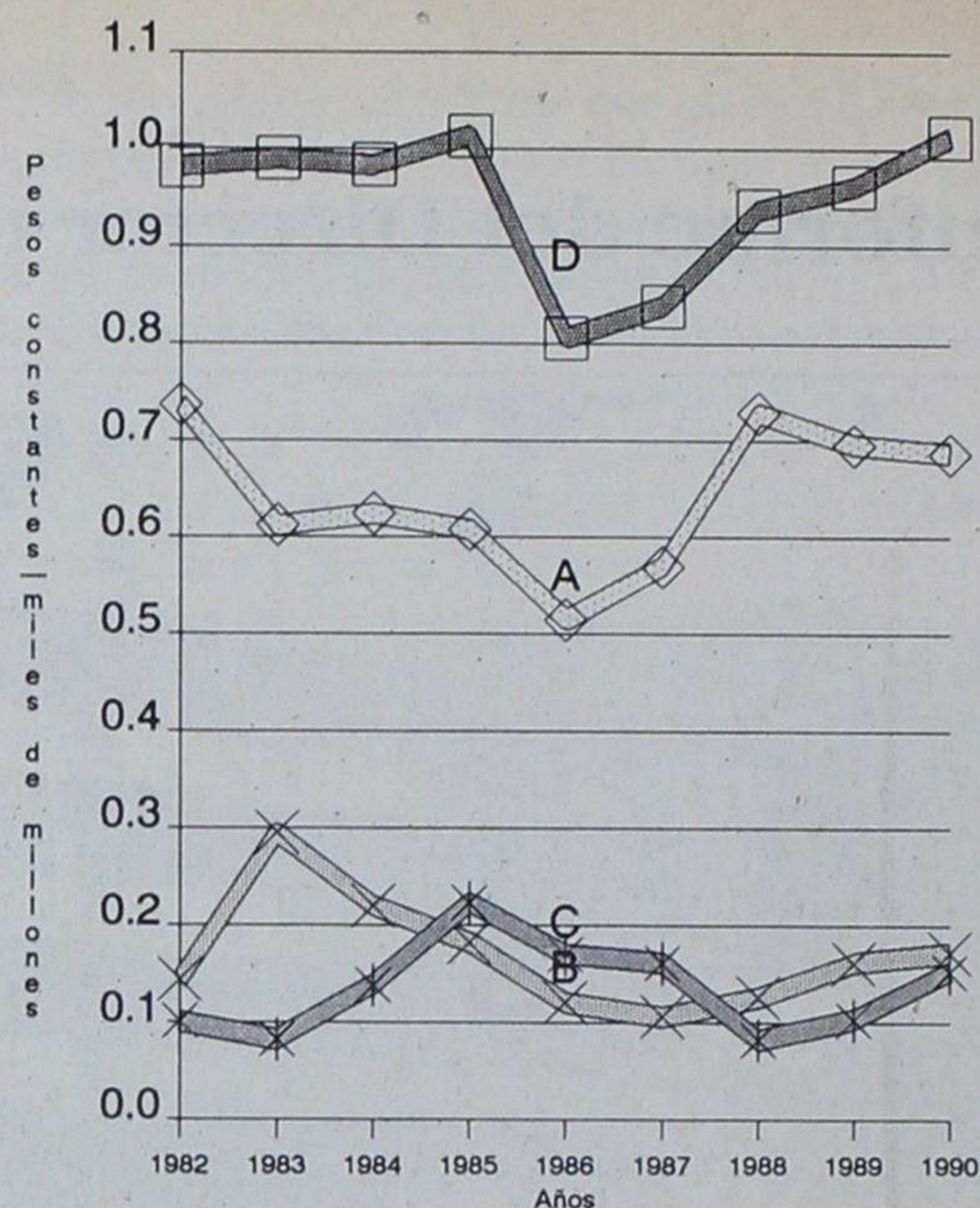


Figura 2. Distribución del subsidio federal por tipo de gasto, 1982-1990 (1982 = 100). A: Servicios personales; B: Operación; C: Inversión; D: total.

del trabajo desarrollado en este período al frente del Centro. El primero se refiere al crecimiento y consolidación de la institución, posibles a pesar de la crisis económica. Para el desarrollo de sus actividades, el Centro recibe financiamiento de distintas fuentes. La primera y más importante está constituida por el subsidio federal ordinario. La segunda corresponde a los recursos extraordinarios. En 1983, los recursos canalizados al Centro vía el Programa Presupuestal anual fueron de 1,789.3 millones de pesos, en tanto que para 1990 el presupuesto modificado ascendió a 58,800.9 millones de pesos. Esto es, el subsidio federal de 1990, en pesos corrientes, fue 33 veces mayor que el de 1983. En términos reales y en pesos constantes, tomando el año de 1982 como base, el subsidio federal ordinario para 1983 fue de 987.7 millones y para 1990 fue de 1013.4 millones. Por lo tanto, durante el período que nos ocupa, el subsidio se incrementó en 2.4%. (Figs. 1,2).

La otra fuente de financiamiento de las actividades del Centro es la que corresponde a los recursos extraordinarios. Entre ellos se distinguen, por una parte, los provenientes de organismos nacionales de fomento y/o regulación de las actividades

científicas y tecnológicas (CONACYT, COSNET, etc.) y las instituciones y fundaciones extranjeras (Rockefeller, Kellogg, NIH, etc.) y, por otra parte, los resultantes de la venta de bienes o servicios, a los que convencionalmente se les denomina "recursos propios".

Durante los últimos ocho años, los recursos extraordinarios han representado, en promedio, el 27% de los recursos totales ejercidos por el Centro. Sin embargo, conviene aclarar que su comportamiento ha sido muy irregular. Mientras que en 1985 representaron el 37% del total de los recursos financieros del Centro —principalmente por la participación del proyecto MicroSEP— en 1989 su participación en los recursos totales fue de sólo 17% y, para septiembre de 1990 únicamente representan el 14% (Fig. 3). Lo anterior indica que cada año existe mayor dificultad para obtener recursos extra-presupuestales, aun cuando el personal académico cada año dedica más tiempo a la preparación de propuestas de investigación para obtener este tipo de recursos. No obstante, en este período, el incremento del personal académico, del número de alumnos atendidos y graduados, de los proyectos desarrollados, de la infraestructura de servicios

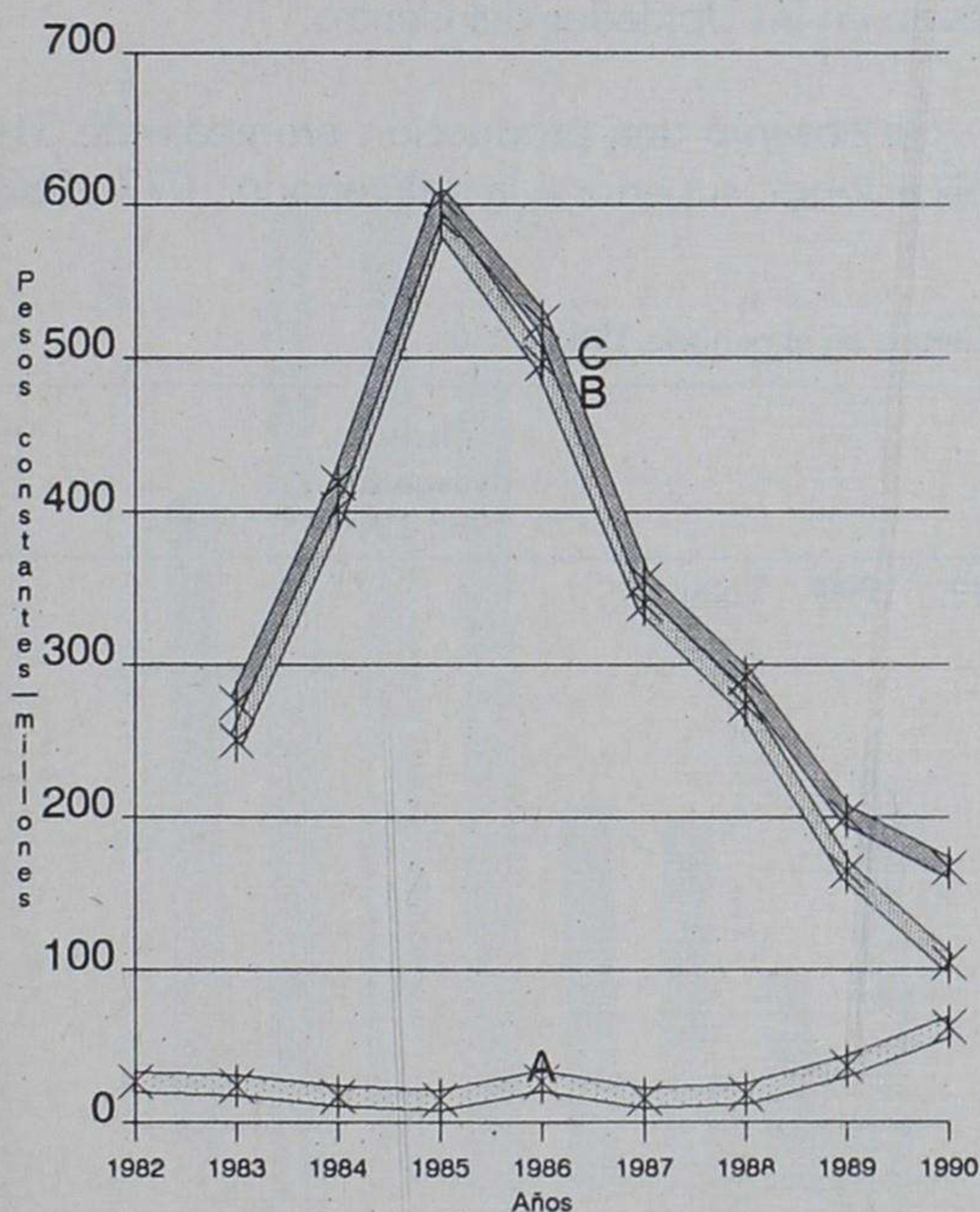


Figura 3. Recursos extraordinarios por tipo de ingreso, 1983-1990 (1982 = 100). A: Ingresos propios; B: Otros ingresos; C: Total.

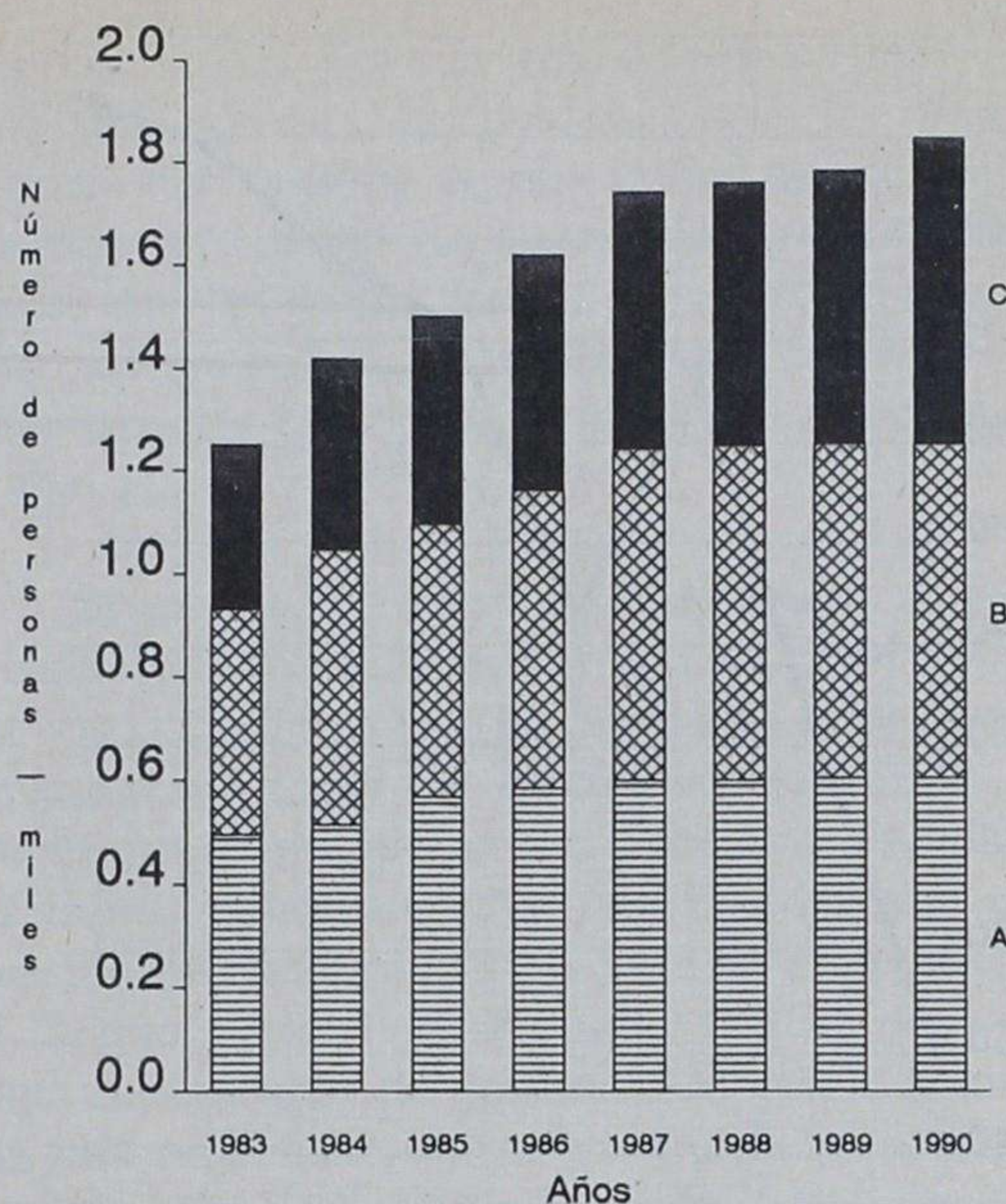


Figura 4. Recursos humanos en el Centro por tipo de personal, 1983-1990. A: Personal directivo, administrativo y de servicios; B: Auxiliares de investigación y técnicos; C: Personal académico.

científicos y tecnológicos y aún de la construcción de la planta física, fue muy superior al del presupuesto.

Efectivamente, el trabajo y la responsabilidad de todos, el respeto de los académicos por sus actividades sustantivas, la intensa motivación en el trabajo y una administración eficiente de los recursos, permitieron un incremento de 90% en el número de plazas de profesores-investigadores y de 46% en las del personal de apoyo (Fig. 4). Debido a cuestiones salariales, hemos llevado a cabo nuestro crecimiento a base de jóvenes investigadores graduados con los que parcialmente subsanamos la pérdida de investigadores con mayor experiencia. En las áreas tecnológicas, esta situación es más crítica.

Durante el período que se informa se mantuvieron en operación un promedio anual de 377 proyectos, con una tasa media anual de crecimiento del 8%, ya que en 1983 se atendieron 256 proyectos y 447 en 1990 (Fig. 5). Reconocemos profundamente la importancia de los aportes complementarios que en especial CONACYT y COSNET otorgan al Centro para la realización de estos pro-

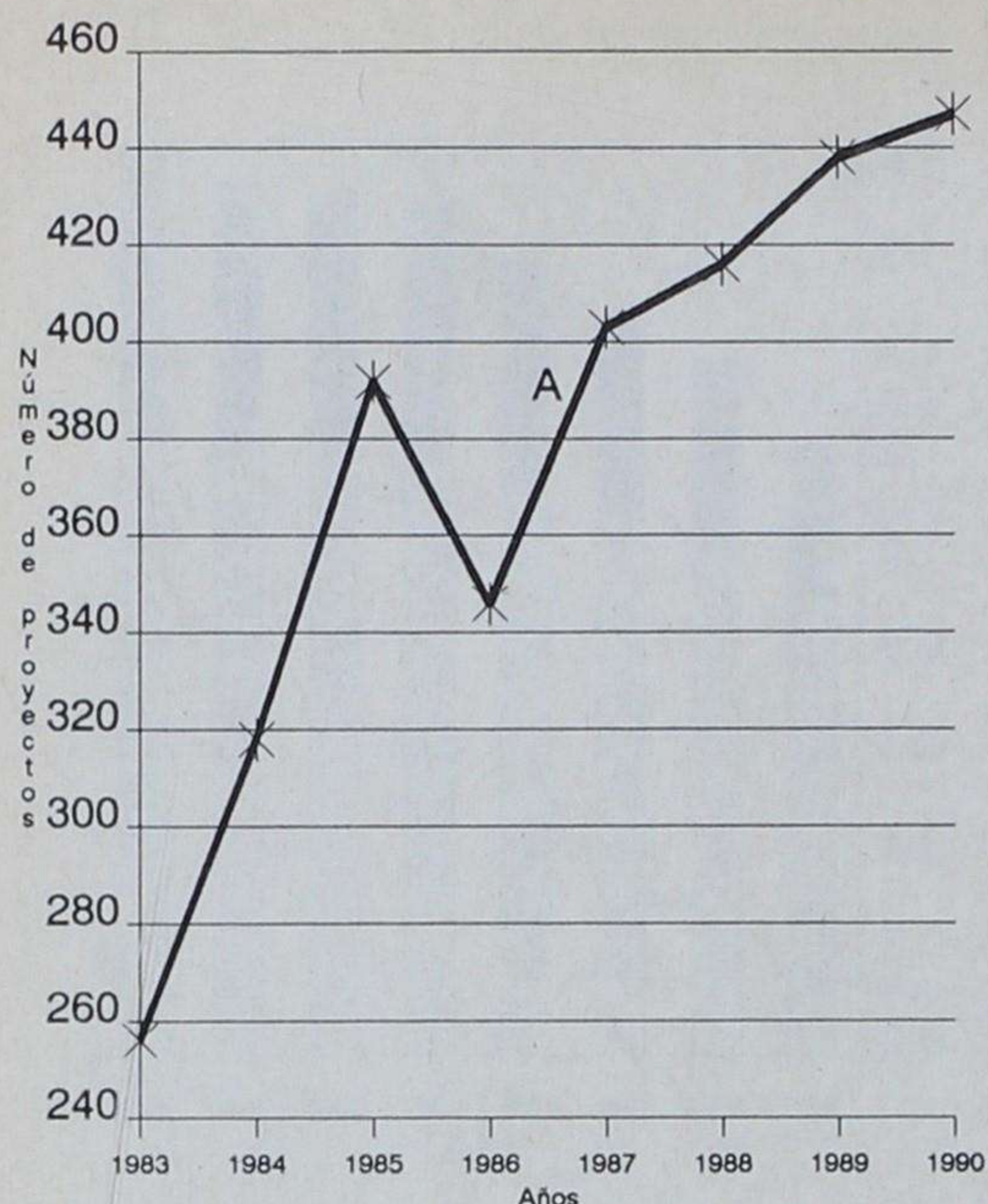


Figura 5. Proyectos en proceso de ejecución, 1983-1990.

yectos, así como para otras actividades de fortalecimiento al posgrado y gastos para asistencia a eventos científicos.

De los proyectos en proceso, el 23% corresponde al área de ciencias exactas y naturales, 39% a ciencias biológicas y de la salud, 15% a ingenie-

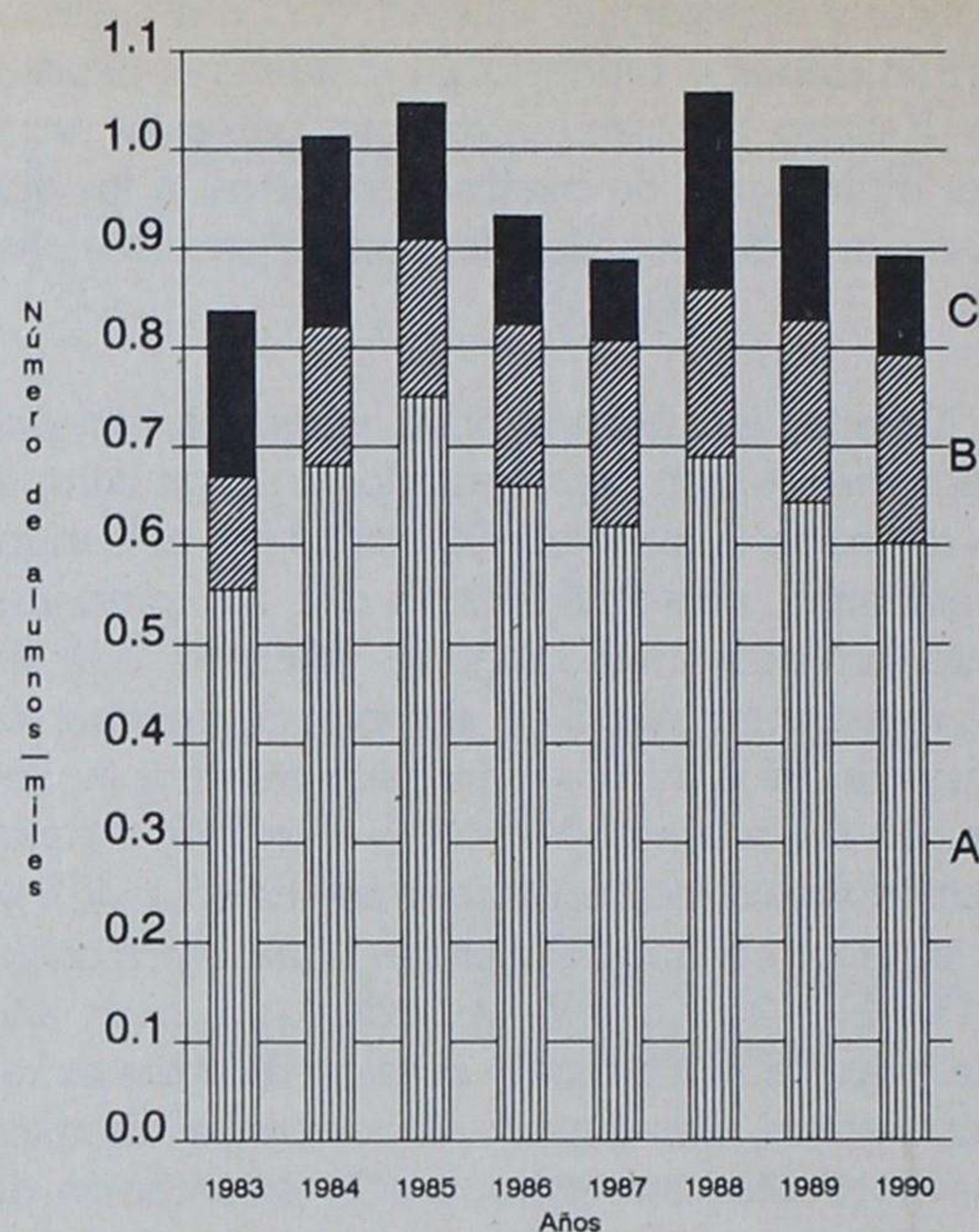


Figura 6. Alumnos atendidos en los diferentes niveles, 1983-1990. A: Maestría; B: Doctorado; C: Otros niveles.

ría eléctrica y biotecnología, 8% a ciencias sociales y humanidades y el 15% restante a las áreas que se cultivan en las Unidades del Centro.

Se observó una producción promedio de 314 publicaciones, superior a la del período 1977-1982,

Tabla 1. Número de solicitudes de patentes y de patentes concedidas al Centro en el periodo 1983-1990.

Lugar y Departamentos	PATENTES									Títulos otorgados 1983-1990
	SOLICITUDES									
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	Total	
I. En el país										
Departamentos:										
Física							1		1	
Química			2	2	2	3		2	11	1
Biotecnología				3			1		4	
Ingeniería Eléctrica			1	1	1			3		
Unidad Mérida		1					1		2	1
Total Nacionales	0	1	2	6	3	4	3	2	21	2
II. En el extranjero										
Departamentos:										
Química					1		1		2	2
Biología Celular						1			1	1
Genética								1	1	
Ingeniería Eléctrica								1	1	
Total Extranjeros	0	0	0	0	1	1	1	2	5	3
Total	0	1	2	6	4	5	4	4	26	5

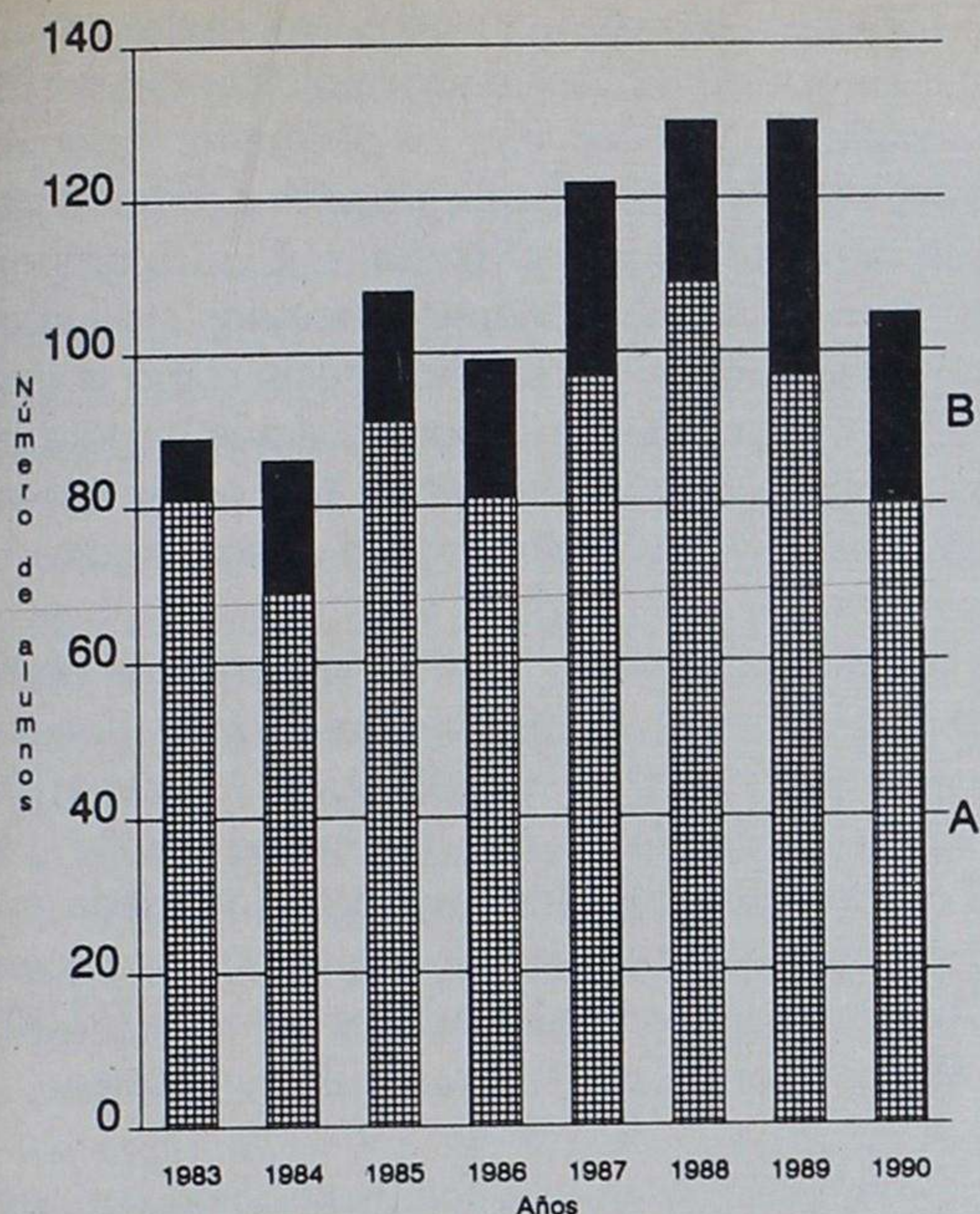


Figura 7. Alumnos graduados por nivel, 1983-1990. A: Maestría; B: Doctorado.

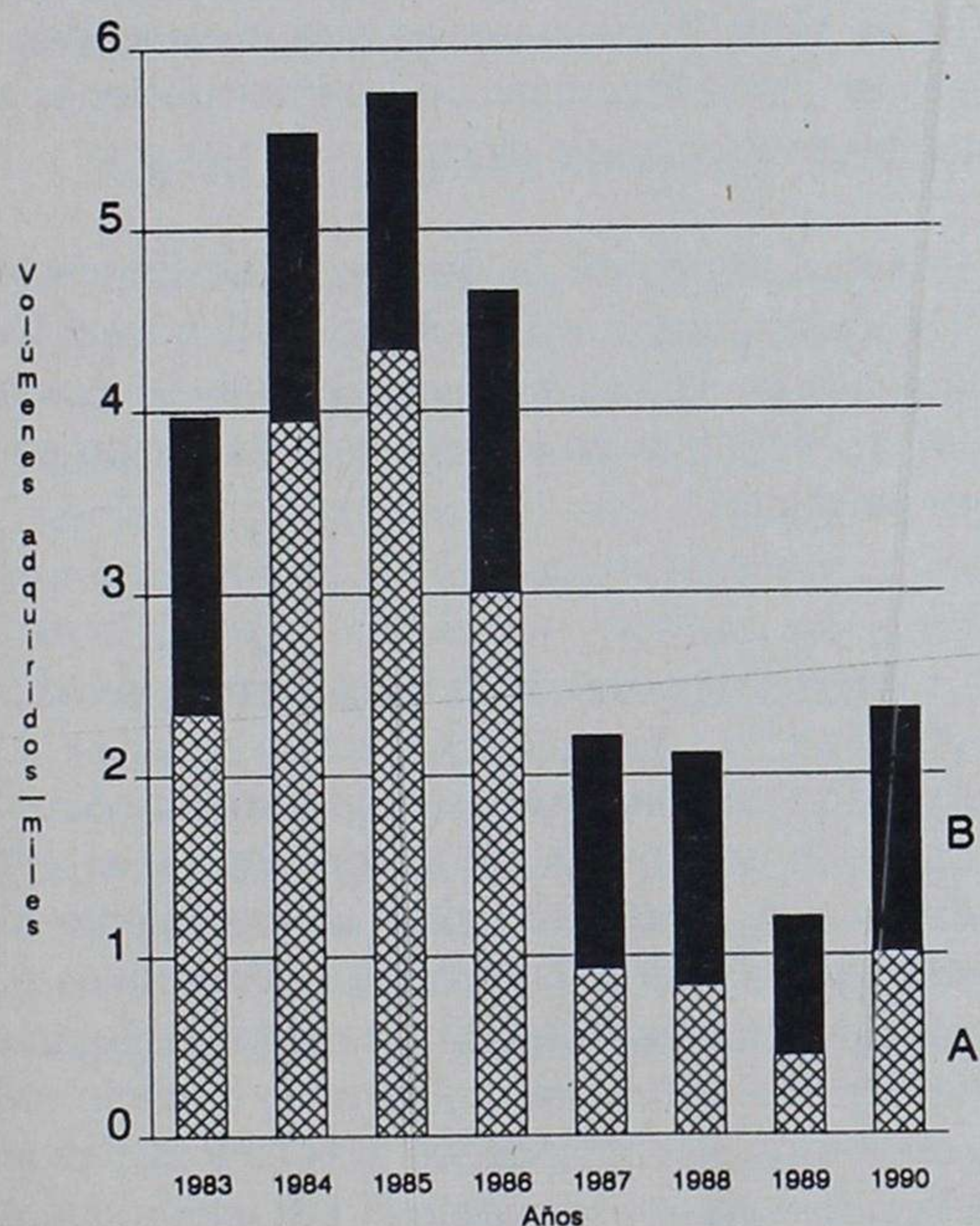


Figura 8. Crecimiento anual del acervo de libros, 1983-1990. Fuente de financiamiento A: Programa presupuesto anual; B: Donaciones y recursos extraordinarios.

que fue de 228. Por supuesto que no se trata nada más del número de publicaciones; los investigadores han insistido en que lo importante son los criterios de calidad de las mismas y las publicaciones del CINVESTAV los reúnen ampliamente. En este período se otorgaron siete licencias de uso de patentes, dos nacionales y cinco en el extranjero (Tabla 1).

Se conservó y consolidó la operación de todas y cada una de las Unidades fuera del Distrito Federal, los Departamentos y las Secciones, y se crearon además, la Unidad de Electrónica Avanzada, iniciando sus actividades con el Centro de Tecnología de Semiconductores (CTS), en Guadalajara, y la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia, en el Distrito Federal. El Proyecto CTS se desarrolla bajo un convenio de colaboración con la Compañía IBM de México, auspiciado por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Este tiene entre sus principales misiones la de transmitir los conocimientos y la tecnología necesarios en materia de semiconductores, así como promover el uso de circuitos integrados en productos desarrollados y manufacturados en México, todo ello con el objeto de propiciar la competitividad de la industria nacional con la del extranjero.

La Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia fue creada en 1984, abriendo un nuevo campo de actividades para el CINVESTAV, con un doble objetivo. Por una parte, se intentaba promover, dentro del Centro, una reflexión sobre la propia ciencia que aquí se desarrolla, tanto en lo que respecta a los fundamentos de sus conceptualizaciones y teorías como a su desarrollo histórico y al papel que juegan la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea. Por otra parte, se persigue, como objetivo práctico, profundizar en el desarrollo de marcos metodológicos con una sólida base conceptual, que permitan hacer frente a la creciente necesidad de investigación interdisciplinaria que demandan las complejas temáticas que el mundo actual presenta a la ciencia.

Se mantuvieron en operación 42 programas de formación de recursos humanos a nivel de posgrado en las especialidades que en la institución se cultivan; se atendió un promedio anual de 950 alumnos y entre 1983 y 1990 se graduaron un total de 869 alumnos: 705 como maestros en Cien-

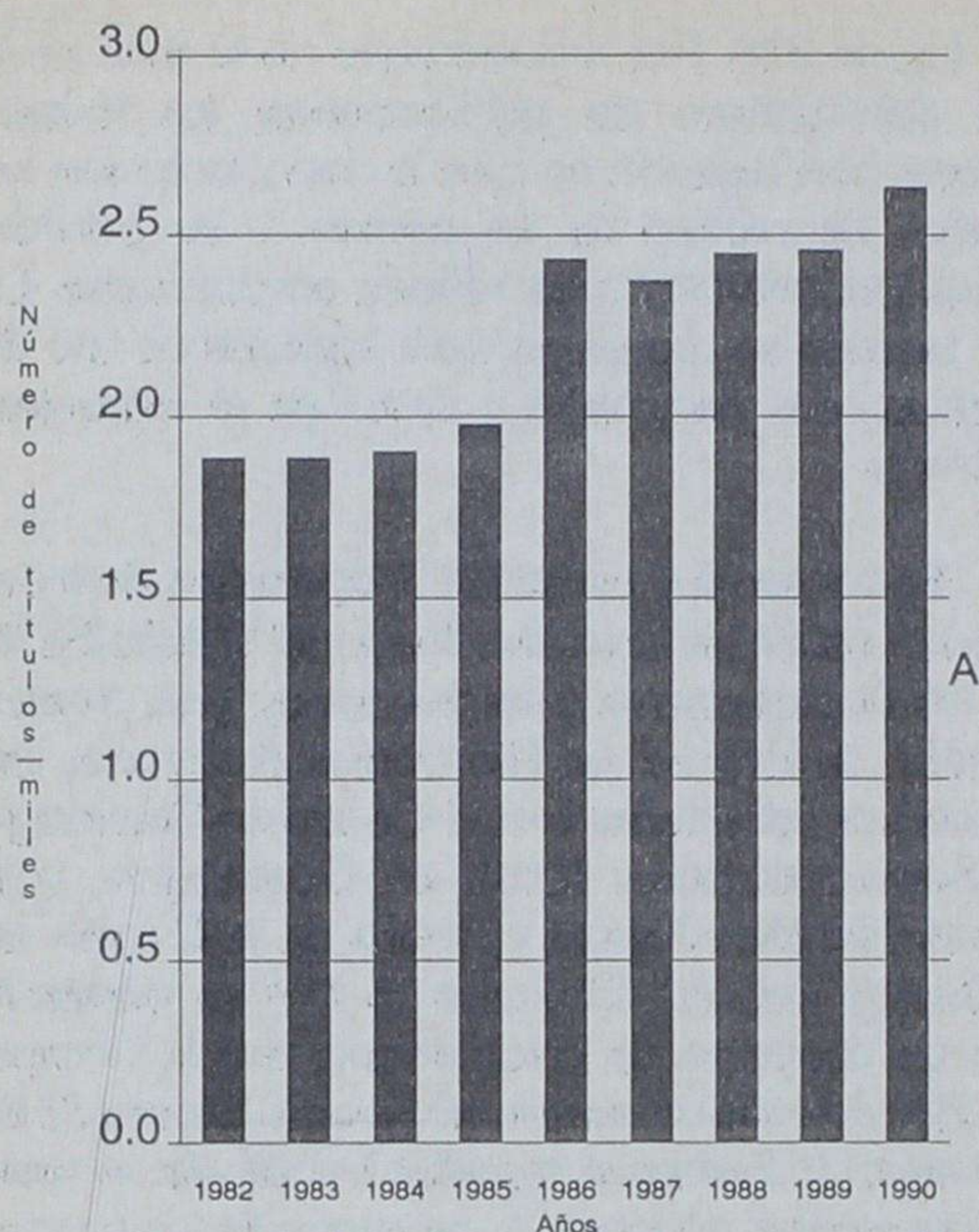


Figura 9. Crecimiento anual de títulos vigentes de revistas, 1982-1990.

cias y 164 como doctores en Ciencias (Figs. 6 y 7). Lo anterior representa el 55.6% de todos los grados otorgados en el Centro desde su creación hace 29 años. Debe resaltarse el caso del doctorado, en donde se ha pasado de una graduación de 8 doctores en 1983 a 33 en 1989.

Los servicios científicos y técnicos de apoyo a la actividad académica también se pudieron incrementar. Los recursos bibliográficos se aumentaron en 28,000 unidades, pasando de un acervo global de 64,000 volúmenes en 1983 a 92,000 en 1990. El acervo de títulos vigentes de revistas científicas y técnicas pasó de 1,886 a 2,633 (Figs. 8 y 9). Se avanzó significativamente en el programa de profesionalización del personal bibliotecario. En 1986, apenas había cinco profesionales, actualmente sólo dos Departamentos del Distrito Federal y dos Unidades en provincia no cuentan con al menos un profesional atendiendo sus bibliotecas. En 1986, con apoyo de la Unidad Coordinadora de Proyectos Estratégicos de la SEP y el COSNET, entraron en operación unidades de servicio tales como Microscopía Electrónica, Difracción de Rayos X, Resonancia Magnética Nuclear, Análisis de Macromoléculas y Secuenciación de Proteínas.

Han quedado estructurados los sistemas de información sobre publicaciones científicas del personal académico y sobre tesis de posgrado. También se estableció la infraestructura básica necesaria para que, a partir del año próximo, el Centro proporcione a su personal académico servicios modernos de comunicación e informática, tales como correo electrónico, consulta a bancos de datos nacionales e internacionales y utilización de tiempo de supercomputadoras a través de una red de informática.

Se pudieron llevar a cabo importantes obras de infraestructura. Entre construcciones directamente emprendidas por la institución, la ocupación del inmueble donde se aloja la Unidad Saltillo y la construcción de la Unidad Irapuato, financiada por el Gobierno del Estado de Guanajuato, se pusieron a disposición de los investigadores cerca de 20,000 m² de laboratorios, talleres, cubículos y oficinas.

Se integraron en una sola instalación con mejor infraestructura cinco bibliotecas del área biológica. Se instalaron y pusieron en marcha sistemas hidroneumáticos de presión continua que dan servicio a 17 edificios en Zacatenco. Se llevaron a cabo las obras para contar con una doble acometida de energía eléctrica de alta tensión, con el fin de evitar las serias consecuencias que ocasionaban a los proyectos de investigación las interrupciones en el suministro de energía eléctrica.

Con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública se adquirió un inmueble destinado al Departamento de Investigaciones Educativas. Actualmente se encuentra en trámite la autorización para el uso del suelo.

Administración académica

El segundo tema que quiero tratar se refiere al problema de la administración académica en el contexto de una restricción total al crecimiento de puestos que se definieron como administrativos por las autoridades sectoriales. El Centro se ha caracterizado por una estructura organizativa y administrativa en la que las actividades académicas reciben toda la prioridad. Actualmente la institución cuenta con 1848 plazas de las cuales 32.2% corresponden a profesores-investigadores, 34.8% a personal de apoyo, 19% a personal administrativo, 12% a in-

tendencia, vigilancia y mantenimiento, y únicamente el 2% a mandos medios y superiores.

El crecimiento en el período para los mandos superiores fue de 4%, que representa el reconocimiento como mando superior al Director de la Unidad de Saltillo, quedando pendiente el de Guadalajara. Si se agrega al personal total la atención anual a 950 alumnos, se hace evidente que la estructura administrativa no cuenta con la flexibilidad adecuada para lograr una modernidad institucional. Desde 1986, el Centro ha estado gestionando ante la Comisión Interna de Administración y Programación de la SEP una nueva estructura organizacional, en particular la propuesta de creación de cuatro Coordinaciones de Investigación y Posgrado, una por cada campo de investigación en los que convencionalmente se agrupa el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La finalidad es racionalizar los tramos de autoridad y control, excesivamente grandes para la Dirección, liberar a los funcionarios superiores del desempeño de algunas funciones operativas y de la concentración de altas cargas de trabajo, para atender mejor la planeación, coordinación y evaluación. Hasta la fecha no se ha autorizado esta reestructuración que consideramos indispensable para una administración académica más eficiente.

Calidad del trabajo académico

El tercer tema que quiero tratar en este informe se refiere a la calidad de las actividades sustantivas, vista desde la perspectiva de la relación entre la libertad del trabajo académico y la atención a las necesidades prioritarias del país. Una de las políticas internas básicas de esta administración fue el respeto al trabajo académico, dejando en los investigadores, en lo individual o en las instancias colegiadas de los Departamentos y Unidades, la decisión sobre los proyectos de investigación, desarrollo, vinculación y formación de recursos humanos. Esta política es básica en una institución como la nuestra en donde están garantizadas la calidad y la responsabilidad profesional de sus investigadores.

En 1989, la comunidad académica del Centro resumió las actividades de investigación y docencia en dominios estratégicos de avanzada en investigación científica, desarrollo tecnológico y docencia de posgrado. La información detallada sobre las ac-

tividades que se desarrollan en cada uno de ellos, así como el personal académico, técnico y estudiantes de posgrado involucrados, ha sido entregada a los miembros de la Junta Directiva y difundida ampliamente entre el personal académico del Centro:

Ciencias biológicas y de la salud

Biología de agentes infecciosos; Biología de las membranas celulares; Biología vegetal; Diferenciación celular, cáncer y cultivo de tejidos para uso clínico; Mecanismos de acción y desarrollo de medicamentos; Mecanismos de control nervioso; Origen y tratamiento de enfermedades cardiovasculares; Reproducción humana y animal; Toxicología humana y farmacodependencia.

Ciencias exactas y naturales

Física del estado sólido y física aplicada; Física matemática y relatividad; Física de partículas elementales; Sistemas complejos; Propiedades de sistemas macroscópicos y sus procesos dinámicos; Matemáticas: investigación y docencia; Química fundamental y formación de recursos humanos; Desarrollo de productos y procesos industriales por métodos electroquímicos; Síntesis y caracterización de compuestos químicos de interés biológico.

Ciencias sociales y humanidades

Estudios sobre la enseñanza y el aprendizaje de la lecto-escritura, las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias sociales; Estudios sobre la institución escolar; Relación entre escuela y sociedad; Estudio sobre formación de profesores.

Tecnologías y ciencias de la ingeniería

Investigación y desarrollo de procesos biotecnológicos en la producción de alimentos y en la restauración del medio ambiente; Automatización de procesos de manufactura; Análisis, caracterización y diseño de materiales, dispositivos y sistemas con semiconductores; Sistema telemático de educación interactiva.

Tabla 2. Premios y distinciones notables a profesores investigadores del Centro, 1983-1990.

Título del premio o distinción	Total	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Premio Nacional de Ciencias y Artes	7		2	1	1	1	1		1
Premio de la Academia de la Investigación Científica	7	1		2	1		1	1	1
Premio Príncipe de Asturias	1					1			
Premio Manuel Noriega Morales (OEA)	1								1
Premio Weizman	7				2	2	1		2
Premio Mexicano de Tecnología IXTA	3				1	1	1		
Premio Nacional de Investigación en Alimentos	4					2			2
Premio al Mérito del Consejo de Salubridad General (SSA)	4	1					1	2	
Premio Javed Husain (UNESCO)	1					1			
Premio de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo	1					1			
Premio Nacional de Normalización Integral	1			1					
Premio CANIFARMA	2								2
Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos	2				1				1
Premio Lola E. Igo Flisser	2					1			1
Premio Luis Elizondo	1							1	
Premio Nacional ERICSSON de C. y T.	1							1	
Premio Aida Weiss	1							1	
Total	46	1	3	4	6	9	6	6	11

Estos dominios estratégicos de avanzada en investigación, dentro de los cuales se generaron todas las publicaciones previamente mencionadas, de ninguna manera significan un aislamiento de los académicos en temas esotéricos de interés exclusivo para las comunidades científicas. Mediante mecanismos y formas de organización diferentes en cada Departamento, se logró también durante este período una estrecha y muy fructífera vinculación con el sector educativo, el sector salud, la industria y el sector productivo en general.

Con el sector educativo destacan las siguientes acciones: El Programa MicroSEP que incluyó la construcción de 4,000 computadoras instaladas en 1988 en planteles del sistema educativo nacional. El diseño y elaboración del Manual del Instructor Comunitario, especialmente orientado a garantizar una educación básica de calidad a las comunidades más aisladas del país.

La participación en aspectos básicos del Programa de Innovación para el Aprendizaje de la

Lengua Escrita y del Programa de Actividades Culturales para la Educación Primaria.

El diseño y operación de los programas de licenciatura y maestría en enseñanza de las matemáticas en distintas universidades e institutos tecnológicos y del programa Especializado en Formación Docente para el Sector Tecnológico.

Durante la consulta para la Modernización Educativa se elaboraron, por solicitud del Secretario de Educación Pública, seis documentos de propuesta para mejorar la calidad de la educación.

Con el sector salud destacan:

El programa piloto de atención de pacientes quemados en el Servicio de Cirugía Reconstructiva del Hospital Infantil de Tacubaya.

El desarrollo de nuevos sistemas de diagnóstico y vacunas. Investigaciones encaminadas a conocer los diversos factores que participan en el inicio

y desarrollo de enfermedades causadas por parásitos y otras enfermedades de alta incidencia en el país. El objetivo es lograr la innovación y desarrollo de metodologías propias aplicadas a la resolución de los problemas de salud más importantes en México.

Desde hace 25 años la Sección de Control Analítico y Control de Calidad realiza auditorías de la calidad de los medicamentos del sector público y brinda apoyo a la industria químico-farmacéutica.

Con la industria y el sector productivo destacan: La Planta Piloto de Fermentaciones, que es actualmente la más grande de su tipo en el país y la única que opera en forma continua.

A través del Proyecto Integrado del Golfo, por convenio entre PEMEX y el CINVESTAV, nuestra institución asesora sobre aspectos específicos de la problemática entre procesos ecológicos y sociales de la región en estudio. Otros proyectos similares se llevan a cabo en la Laguna, Oaxaca y Tlaxcala.

Desde 1982, el CINVESTAV ha sido la sede del proyecto: Centro Nacional de Metrología (CEDAM), desarrollado conjuntamente con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. El CENAM brinda asesorías para mejorar la calidad de los productos, la aplicación de técnicas y métodos de medición, la utilización de materiales patrón de referencia y garantiza que se cumplan los niveles de exactitud que demanda el comercio internacional evitando así costosas penalizaciones.

La segunda perspectiva con la que quiero analizar el tema de la calidad del trabajo en el Centro es la de una relación aún desequilibrada entre las condiciones institucionales que exigen a sus investigadores los más altos niveles de calificación en el país frente a condiciones salariales que no reconocen plenamente este nivel de calificación, a pesar de un cambio recientemente aprobado en los tabuladores del personal académico, que agradecemos sinceramente a la Secretaría de Programación y Presupuesto y a la Secretaría de Educación Pública.

El CINVESTAV es la única institución en el país que exige, para contratar a profesores en los niveles de Titular y Adjunto, que posean el grado aca-

démico de Doctor en Ciencias. Para la promoción del personal académico, así como para adjudicar y renovar becas de exclusividad y de desempeño académico, se recurre a un esquema anual de evaluación basado en criterios de productividad académica y no en criterios escalafonarios.

Desde 1981, la comisión y Promoción y Becas de Exclusividad y Productividad (COPBEP), conformada por representantes del personal académico, ha operado anualmente valorando el desempeño del trabajo de los investigadores y revisando sus propios criterios de calidad con el fin de lograr una mejor valoración. A partir de 1990 quedó reconocida como comisión dictaminadora.

La exigencia de calidad que propicia la institución se refleja en diversos indicadores. En la promoción de 1990 se encuentran en el SNI 299 investigadores. El CINVESTAV es la cuarta institución en el país con mayor presencia en el SNI y la segunda de aquellas dedicadas a investigación y docencia, sin ocupar estos lugares en cuanto a tamaño de su planta académica o presupuesto asignado. Otros indicadores son el hecho de que diez investigadores del Centro son miembros del Consejo Consultivo de Ciencias y que, en el período analizado, se concedieron 46 premios y distinciones notables a profesores del Centro (Tabla 2).

Todos los profesores del Centro sufrieron en carne propia la decisión institucional de no ceder en ningún momento a la tentación de disminuir los requisitos de calidad para adaptarlos a los montos salariales de otras instituciones. Muchos profesores, en particular miembros de la COPBEP, trabajaron conjuntamente con la Dirección en la fundamentación y argumentación de los criterios que justifican la necesidad de una mejora sustancial a los salarios del personal académico de nuestra institución, cuyo primer paso se logró recientemente, como ya se mencionó.

Se otorgó también un nuevo tabulador para el sector de Auxiliares de Investigación. Las promociones se otorgaron en base a una evaluación académica llevada a cabo por comisiones departamentales, y una institucional, conformadas por representantes de los profesores y de los auxiliares.

Las bases institucionales de la calidad del trabajo académico están claramente establecidas y superan los requisitos que ahora propone el Programa Nacional de Evaluación.

Señor Secretario de Educación Pública, Señores Subsecretarios, honorables Miembros de la Junta Directiva, Señoras y Señores, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional es una institución creada visionariamente por el Estado Mexicano para servir a nuestro país. La comunidad del Centro está profundamente enraizada en los valores de nuestra historia y los valores que a través del tiempo se han ido forjando para crear los sentimientos y convicciones que nos dan identidad nacional. No están ausentes en ella los valores universales que caracterizan la conducta y la integridad intelectual de los buscadores de la verdad y de la importancia de las relaciones ciencia y sociedad, desarrollo tecnológico y sociedad, humanismo-ciencia-tecnología y sociedad. Seguiremos trabajando por el bien común aportando, cada vez más, los resultados de nuestro trabajo en este Centro que como un privilegio la

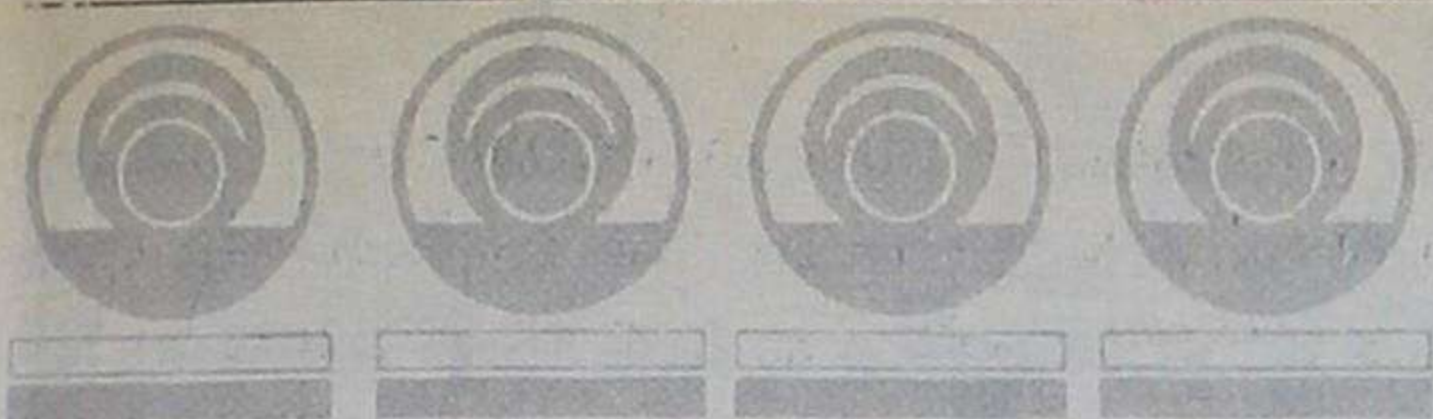
Nación y el Estado Mexicano han puesto a nuestra disposición.

Hay muchos compatriotas que, sin conocernos, esperan mucho de nuestro trabajo. Digo esto porque estoy convencido de que el fortalecimiento de las actividades científicas y tecnológicas es importante para el futuro de nuestro país. Hoy más que nunca está claro que las economías fuertes en el presente y en el futuro están basadas en un mundo altamente competitivo en el avance tecnológico y científico.

Agradezco profundamente la colaboración de la comunidad del Centro: al personal administrativo, de servicios, técnicos, auxiliares de investigación y personal académico, que hicieron su mejor esfuerzo para que el Centro cumpla con los objetivos que le han sido señalados. Daremos, con nuestro entusiasmo y entrega, todo nuestro apoyo al Dr. Feliciano Sánchez Sinencio, nuevo Director de nuestra institución.

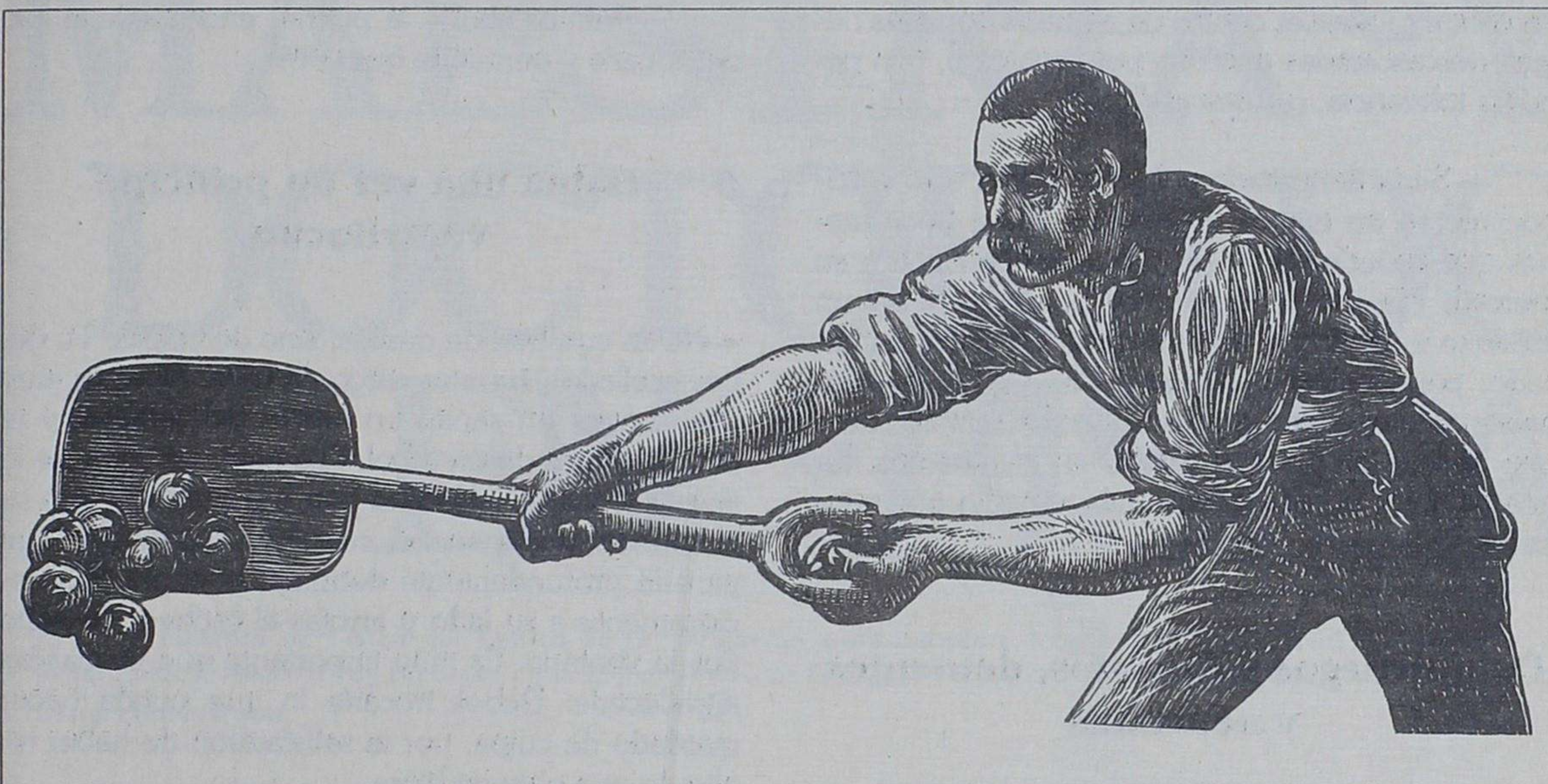
México, D.F., a 14 de diciembre de 1990. ❁





matíces

Sobre docentes, quirurgnos, filósofos,...



Marcelino Cereijido

El docente III

—Se emborrachan, protestan, nos hacen cortes de manga y creen evadirse de este laberinto de significados por el que sus vidas, como las de todos nosotros, fluyen ingrata y forzadamente— murmuré observando por la ventana de mi despacho, a la caterva de melencidos que escandalizaba el atrio de nuestro benemérito Instituto. —Sólo es cuestión de tiempo. Por suerte, construimos nuestros túneles y rediles de conocimiento y educación con un plan tan razonado, con una urdimbre tan justificable,

que hasta los hemos dotado de vericuetos laterales, en los que en su extravagancia y su locura pueden arrojar latas de cerveza, disfrazarse de revolucionarios, patalear su inconformismo, soñar que son libres, y discurrir sin afectar nuestras seguridades. Por ahora, sólo cabe esperar a que se gradúen y comiencen a ganar dinero. Como digo: sólo es cuestión de tiempo.

El docente II

Abandoné el aula y marché corredor abajo. Taconeaba para castigar al piso, ya que los alumnos son intocables. Mis manos estrangulaban la libreta con las calificaciones de aquella turba de hijos de buda, que se sienten astutos porque inventan gansada

El Dr. Marcelino Cereijido es profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del CINVESTAV. Su campo de investigación es la biología de membranas en células epiteliales cultivadas.

tras gansada para molestar y perder tiempo. Al entrar a la sala de profesores cerré de un codazo, estrellé la libreta sobre la mesa, y fui a sentarme en uno de los sofás sin mirar a los colegas que ya estaban allí.

—Si no quieren estudiar, que se vayan al reverendo demonio, me rebelé. El viejo Castañeda detuvo su tacita de café a media distancia entre el plato y su boca, giró levemente para reacomodar los callos y juanetes dentro de aquellas barcazas negras descascaradas que usa por zapatos y, con genuina tolerancia, condescendió:

—Sería demasiado peligroso poner sólo el conocimiento en manos de nuestra prole; poco menos que cederles el poder y quedarnos luego a su merced. Por eso consideramos prudente hacer un esfuerzo e inculcarle a la juventud un cauto significado; por moldearla en una cultura en la que las personas mayores sigamos teniendo sentido, para que ni siquiera puedan pensar en eliminarnos. En una palabra: no nos queda más remedio que educarlos.

De quirurgos y filósofos, dementes y neuronas

Cogitat, ergo, el transplante de cerebro nos salió bien.

Fue al principio

“¡Basta, de una vez por todas. O usted o yo!” le grité. Y desde entonces, no he vuelto a ver a Dios.

El Flaco

“Ese flaco me tiene hartado. Siempre viene y me pincha la barriga con su lanza. Haré que lo tomen por loco”, dijo el gigante. Y convenció a todos, excepto al flaco, de que era un molino de viento.

De espejos y reflexiones

—Blancanieves— respondió el antiguo espejo con rutinaria desesperanza. —Pero, si en lugar de una reinezuela envidiosa y criminal, fueras en verdad la maga astuta que todos suponen, te dejarías de fas-

tidiar a esa adolescente hueca y bobalicona enviándole manzanas envenenadas. Ya es hora de que cambies tus criterios sobre lo que es el encanto femenino.

Indulgencias

—Hace tres días que mi madre está encerrada en su cuarto a oscuras, sin comer ni hablar con nadie.

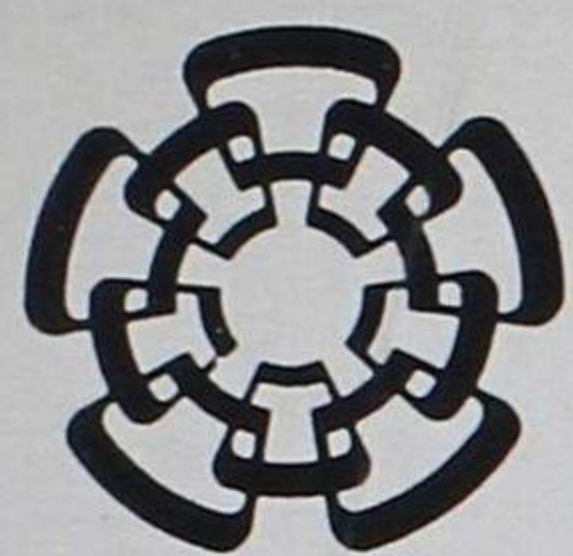
—Podrías abrirle la puerta, encenderle la luz, perdonarla y permitirle que coma.

Había una vez un príncipe ventrílocuo

—No es cuestión de deseos, sino de culpas. Tu debes acallarlas, hacerte cargo de ellas. Mira, es muy fácil: pones un sapito en medio del sendero y te ocultas detrás de un árbol. Ella pasa, escucha, se lo lleva a la cama, sofoca al pobre bicharraco bajo su almohada, y esa noche, cuando tu consideres que ya está profundamente dormida, te acuestas silenciosamente a su lado y arrojas el cadáver del sapo por la ventana. Es muy importante que no olvides agradecerle. Debes trocarle lo que pueda haber quedado de culpa, por la satisfacción de haber realizado una obra de bien.

Mi viejo olvido

Mi olvido está viejo. De muchacho me ahuyentaba las desventuras y mitigaba las congojas, para que un presente que iba brotando impetuoso como mis años me perfumara la cabeza con proyectos y fantasías ¿Recordar? ¿Qué era recordar? Un ir tirando suavemente de las guirnaldas de significados, como quien al abrir un antiguo baúl va sacando por el borde una tela blanca que asoma, hasta encontrarse de pronto con el guardapolvos que usaba en la escuela primaria. Pero ahora, cuando más lo necesitaría para adaptarme a estas realidades amargamente extranjeras, falla mi achacoso olvido y permite que las nostalgias me aneguen inconteniblemente, recreándome la patria aquí, justo aquí, donde me falta el baúl en el que espera mi guardapolvos blanco, donde esta luz ajena me hace ver las felicidades distantes como amarguras tan cercanas.



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN. MAESTRIA Y DOCTORADO EN FISICA

El Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) ofrece sus programas de Maestría en Ciencias en la Especialidad de Física, las áreas de investigación que se cultivan en el Departamento son:

Física de Altas Energías
Física Nuclear
Mecánica Estadística
Biofísica de Proteínas

Física del Estado Sólido
(Teórica y Experimental)
Relatividad General

REQUISITOS DE ADMISION

Haber concluido el ciclo profesional o ser estudiante del último año en alguna de las siguientes carreras: Física, Ingeniería, Química o Matemáticas.

Aprobar un examen de admisión que tendrá lugar los días 4 y 5 de marzo (Primavera); 10 y 11 de junio (Verano) de 1991, o aprobar los cursos Propedéuticos que se ofrecen en el Departamento durante la primavera (del 11 de marzo al 25 de mayo) o bien, durante el verano (del 17 de junio al 16 de agosto) de 1991 sobre las siguientes materias: Mecánica Clásica, Electromagnetismo, Termodinámica y Métodos Matemáticos. (Para ser admitido a los cursos es requisito indispensable presentar el Examen de Admisión).

BECAS

A los estudiantes admitidos se les apoyará en el trámite de becas ante la SEP, CONACYT, ANUIES y otras.

Para mayor información dirigirse a:
COORDINACION DE ADMISION, DEPARTAMENTO DE FISICA,
CINVESTAV Apdo. Postal 14-740, Delegación Gustavo A. Madero,
07000, México, D.F. Tel.: 754-02-00 Exts. 4214, 4218 754-68-01



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Departamento de Matemáticas

VII COLOQUIO DE MATEMÁTICAS

Informes:

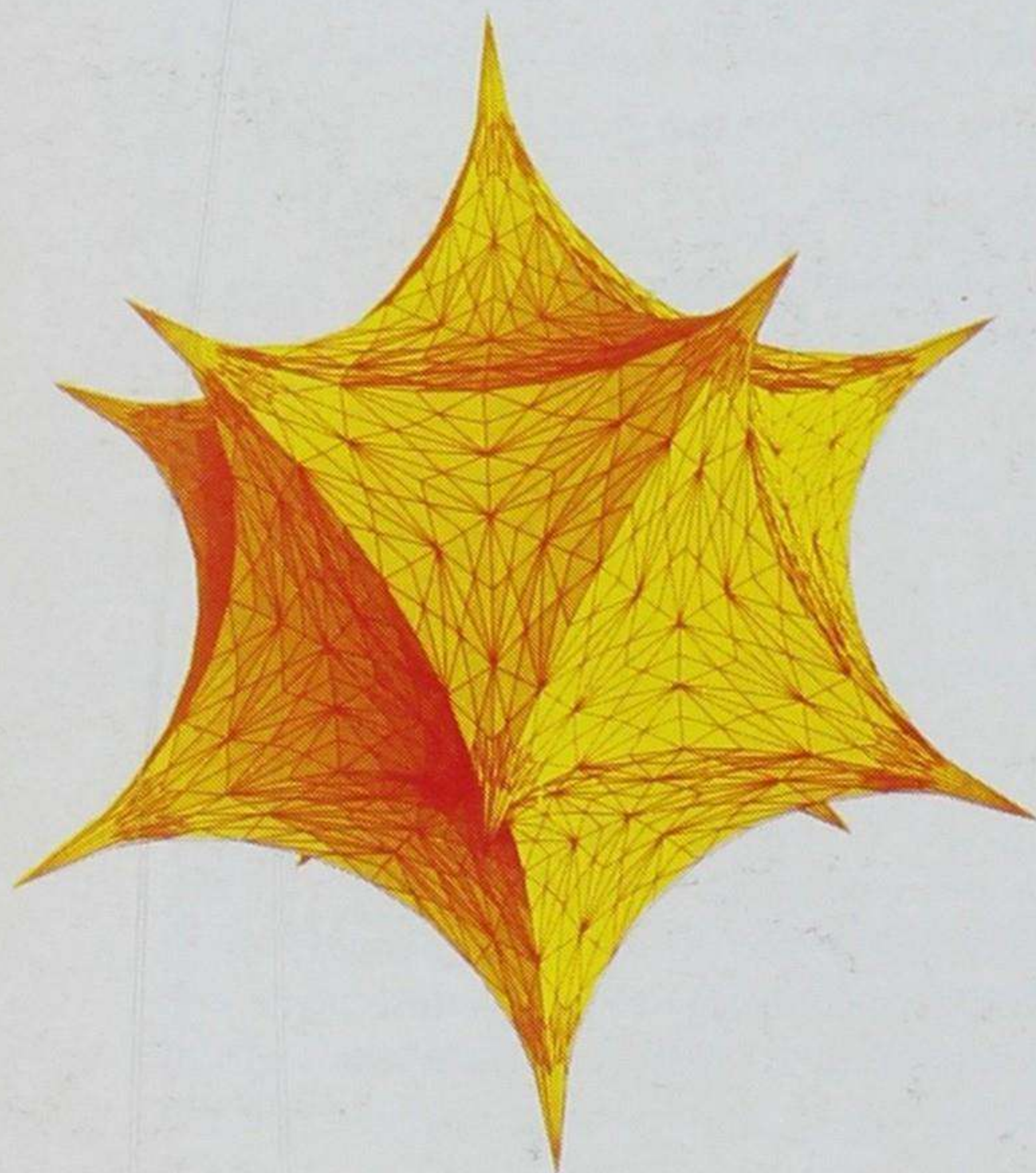
VII COLOQUIO DEL
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE
ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.
APARTADO POSTAL 14-740
07000 MÉXICO, D. F.

Teléfonos:

Directo: 754-44-66
Conmutador: 754-02-00 y 752-06-77
Extensiones: 4103, 4104, 4105 y 4106
Telefax: 586-65-64

COSTO POR PARTICIPANTE:

1).- Alimentación:	\$ 693, 000.00
2).- Hospedaje:	\$ 682, 500.00
3).- Cuota de Inscripción	\$ 1, 254, 500.00
TOTAL	\$ 2, 630, 000.00



Matemáticas: Teoría y Aplicaciones en Ingeniería y Ciencias Biomédicas

Julio-Agosto de 1991

DURACIÓN:

Del 29 de Julio al 16 de Agosto de 1991.

LUGAR:

Centro Vacacional del I.M.S.S., La Trinidad, Tlaxcala.

ACTIVIDADES ACADÉMICAS:

CURSOS:

Los cursos tienen 3 niveles: elemental, intermedio y avanzado y van dirigidos a profesores de nivel superior, especialmente de ingenierías, de las diversas Universidades e Institutos Tecnológicos del país, así como a estudiantes intermedios de la Licenciatura en Matemáticas.

a).- Cursos Largos:

- 1).- **Problemas de Contorno No Lineales Hiperbólicos (Avanzado).**
Dr. Francisco Castillo Aranguren (Academia de Ciencias de Cuba y Profesor invitado del CINVESTAV).
- 2).- **Álgebra Lineal y Multilineal (Elemental).**
Dra. Marta Rzedowski Calderón (CINVESTAV).
- 3).- **Introducción a la Teoría Estadística (Intermedio).**
Dr. Rolando Cavazos Cadena (Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo Coahuila).
- 4).- **Teoría de Ecuaciones Polinomiales (Avanzado).**
Dr. Fernando Barrera Mora (Escuela Superior de Física y Matemáticas del I.P.N.).
- 5).- **Aplicaciones de las Matemáticas a la Biología (Intermedio).**
Dra. Catherine García Reimbert (I.I.M.A.S. de la U.N.A.M.).
- 6).- **Cálculo Tensorial (Intermedio).**
Dr. K. H. Bhaskara (CINVESTAV).
- 7).- **Métodos de Análisis Matemático para Aplicaciones (Intermedio).**
Dr. Ismael Muñoz Maya (CINVESTAV).
- 8).- **Modelos Matemáticos en la Biología (Elemental).**
Dr. Wieslaw Szlenk (Universidad de Varsovia, Polonia).

b).- Cursos Cortos:

- 1).- **Solución Numérica de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Avanzado).**
Dr. Henrik Nordmark (CINVESTAV).
- 2).- **Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (Intermedio).**
Dr. Jorge A. Esquivel Ávila (CINVESTAV).
- 3).- **Una Nueva Teoría de Funciones con Aplicaciones a la Física (Intermedio).**
Dr. Enrique Ramírez de Arellano (CINVESTAV).
- 4).- **Integración en Varias Variables (Elemental).**
Dr. Luis Manuel Tovar Sánchez (Escuela Superior de Física y Matemáticas del I.P.N.).

TALLER DE INVESTIGACIÓN:

Del 5 al 9 de Agosto de 1991 se llevará a cabo el Taller sobre Estimación y Control Estocástico a cargo del Dr. Onésimo Hernández Lerma (CINVESTAV). En el Taller participará el grupo de investigación en Estimación y Control Estocástico y también se contará con la participación de conferencistas invitados, incluyendo 7 especialistas de Estados Unidos, 4 de Europa, 2 de América Latina y 2 de México que no pertenecen al CINVESTAV.

CONFERENCIAS GENERALES:

Durante el Coloquio se llevarán a cabo diariamente, de lunes a viernes, conferencias organizadas por el Dr. Luis Gabriel Gorostiza, profesor del Departamento de Matemáticas del CINVESTAV e impartidas por especialistas de las diversas áreas de la matemática. El objetivo principal de estas conferencias es que los participantes al coloquio, mayoritariamente profesores de ingeniería de los diversos Institutos Tecnológicos y Universidades del país, interactúen y efectúen intercambios de opinión con varios investigadores de alto prestigio nacional e internacional. Las conferencias son de divulgación y están diseñadas para el máximo aprovechamiento de los asistentes.

Nota: La información contenida en este cartel es provisional y sujeta a cambios de último momento. Se está solicitando ayuda económica a diversos organismos por lo que es posible que se disponga de algunas becas.