



# AVANCE Y PERSPECTIVA

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

Vol. 12, septiembre-octubre de 1993 México ISSN 0185-14111 • N\$ 5.00

## *Celdas Solares*

*Historias del oro*

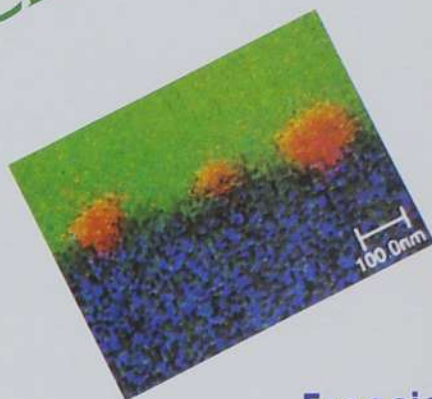
*Bosones de Higgs*





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

# MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS



**Especialidades en  
Física Aplicada  
y Física Teórica**

El Departamento de Física Aplicada del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, ofrece su programa de Maestría y Doctorado en Ciencias con especialidades en Física Aplicada y Física Teórica, con la finalidad de formar investigadores de alto nivel académico y desarrollada capacidad experimental y teórica para crear o asociarse a líneas de investigación básica y aplicada en las áreas de las ciencias físicas.

**Cursos propedéuticos:** inicio en agosto  
**Programa de maestría:** inicio en septiembre  
**Programa de doctorado:** inscripciones abiertas todo el año  
**Becas:** Apoyo en trámites ante CONACyT

**Informes:**

Dr. Rodrigo Huerta Quintanilla  
Dr. Luis Maldonado López

Km. 6 Carretera Antigua a Progreso Apdo. Postal 73 Cordemex Mérida Yucatán, México., C.P. 97310  
FAX (99) 27 81 44 y TEL. (99) 26 02 43

Suscríbese a :



# AVANCE Y PERSPECTIVA

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

## Suscripción anual (6 números)

México: N\$ 30.00

Norte y Centroamérica: \$ 20 US dólares

Europa y Sudamérica: \$ 30 US dólares

Nombre: \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_ Delegación \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Cheques y Giros Postales (Administración de Correos 14)  
a nombre del CINVESTAV.

## CAMBIO DE DOMICILIO:

Envíenos su nueva dirección a:

Avance y Perspectiva, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México D.F.  
o llámenos al Tel/Fax 752 74 43, Tel. 754 02 00 Ext. 2536

### CUPON DE CORRECCION

Nombre: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_ Delegación: \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# AVANCE Y PERSPECTIVA

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

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

### CONSEJO EDITORIAL

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

**Apoyo:** Sección de Fotografía del CINVESTAV  
**Captura:** Ma. Eugenia López y Pilar Moreno  
**Distribución:** Sección coordinadora de cursos en provincia

*Avance y Perspectiva*, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a septiembre-octubre de 1993, volumen 12, se terminó de imprimir en agosto de 1993. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. **Editor responsable:** Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. **Negativos, impresión y encuadernación:** S.O. Arte Gráfico y Publicidad, Dr. Daniel Ruiz #31-2, Col. Doctores 06700, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1993, vol. 12, pág. 248. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente.

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

## Sumario Vol. 12, septiembre-octubre de 1993

- 
- 259 Celdas solares: energía del futuro en el presente  
*Yasuhiro Matsumoto*
- 267 Historias del oro  
*Robert Wolf y Rosalinda Contreras*
- 273 Bosones de Higgs: el enigma de la masa  
*Miguel Angel Pérez Angón*
- 

### Perspectivas

- 283 De ciencia y tecnología, y la lucha de *la bestia* y el buen salvaje  
*Feliciano Sánchez Sinencio*
- 

### Avances de Ciencia y Tecnología

- 287 Cultivos microbianos de alta densidad: reciclaje de microorganismos  
*Antonio R. Navarro*
- 

### Noticias del Centro

- 293 Noticias del Centro
- 

### Documentos

- 297 Necesitamos más y mejor ciencia  
*Octavio Paredes López*
- 

### Innovaciones Educativas

- 299 Los procesos de titulación en México  
*J. Eliézer de los Santos Valdez*
- 

### Matices

- 307 Reinvidicación de Marcelino Cerejido  
*Armando Hörvat, Aníbal López-Serrador, Noemí Mastrantonio y Bension Ziperovich*
- 313 Un cuento de científicos para economistas  
*Arturo Morales Acevedo*
-

# XXXVI CONGRESO NACIONAL DE FISICA

**SOCIEDAD MEXICANA DE FISICA**

ACAPULCO, GRO. MEXICO

18-22 DE OCTUBRE DE 1993

## **CONFERENCISTAS INVITADOS** *que confirmaron su asistencia*

J. PLEBAŇSKY, CINVESTAV	R. Mc LENAGHAN, UNIV. WATERLOO
P. LANGACKER, UNIV. PENSILVANIA	F. YNDURAIN, UNIV. AUTONOMA DE MADRID
D. FINOTELLO, UNIV. KENT STATE	P. HALEVI, UNIV. AUTONOMA DE PUEBLA
S. STEPANOV, INAOE	A. MENCHACA, IF-UNAM
M. LOPEZ DE HARO, IIM-UNAM	B. GRINSTEIN, SSC LAB
O. OBREGON, IFUG	J. GOMEZ DEL CAMPO, OAK RIDGE NAT. LAB.
E. MENDEZ, CICESE	

**MESAS REDONDAS: COLABORACION INTERNACIONAL  
DESCENTRALIZACION DE LA CIENCIA EN MEXICO**

Se llevarán a cabo simultaneamente:  
**VI REUNION ANUAL DE LA ACADEMIA MEXICANA DE OPTICA  
VIII ENCUENTRO DE DIVULGACION DE LA FISICA**

---

**Mayores informes:**

SMF Tel./Fax: 622 48 48

E-MAIL: ACA93@CINVESMX

FUENTES@REDVAX1.DGSCA.UNAM.MX

**RESERVACIONES:**

**THE CONVENTION CENTER**

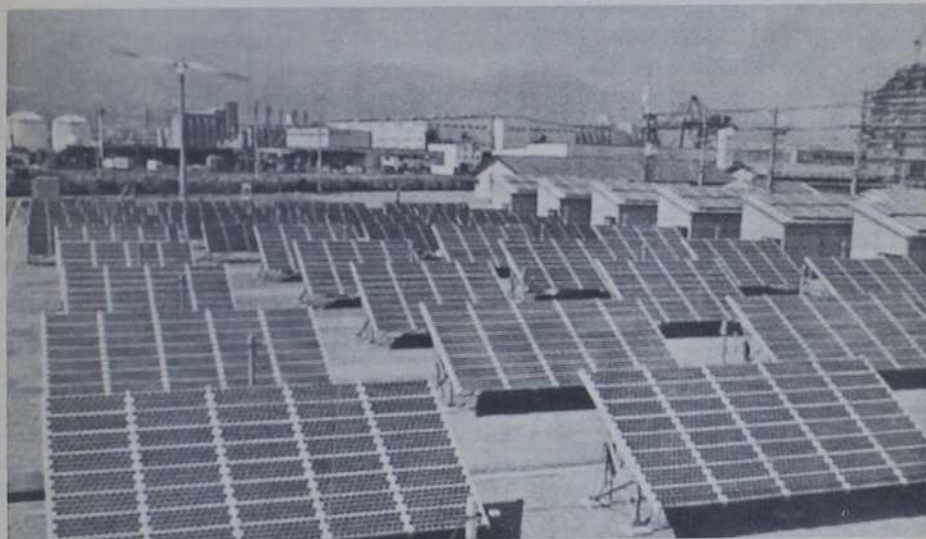
Fax: 596 32 54

Tel. 251 24 58

**SEDE:** Hotel Acapulco Plaza

# Celdas solares: energía del futuro en el presente

*Entre las fuentes alternativas de energía, el sistema fotovoltaico constituye un método limpio de generación de energía eléctrica.*



**Yasuhiro Matsumoto**

## Economía y ecología

El siglo XX ha presenciado la era científica y tecnológica con el mayor número de avances y descubrimientos de toda la historia humana. Hoy en día nuestras necesidades cotidianas son resueltas por diversos logros tecnológicos. A raíz de la invención del transistor, el campo de la electrónica del estado sólido se ha desarrollado en forma

acelerada. La radio, la televisión a colores, las videograbadoras son algunos productos tecnológicos derivados a partir de este desarrollo. Además, las industrias de comunicaciones, aeronáutica y automotriz han mejorado sus productos y servicios con la evolución tecnológica basada en la electrónica del estado sólido. Las redes de comunicaciones vía satélite y las computadoras personales se han incorporado a nuestro lenguaje diario. Por otro lado, en materia de energía, se ha pasado de la era del carbón a la del petróleo y ahora a la de fusión nuclear. En verdad hemos presenciado espléndidos desarrollos.

El Dr. Yasuhiro Matsumoto, investigador adjunto de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, es ingeniero en comunicaciones y electrónica egresado de la ESIME-IPN y doctor en ciencias de la Universidad de Osaka, Japón. Su campo de interés es el estudio de las propiedades de semiconductores y la aplicación de celdas solares.

Sin embargo, no podemos negar que siempre han existido zonas de luz y sombra en este

esquema de desarrollo tecnológico y económico: a pesar del progreso se han creado injusticias que a la larga conducen a conflictos internos y hasta la autodestrucción. El uso desmesurado de hidrocarburos es un ejemplo de ello. El petróleo es un recurso no renovable de empleo masivo desde los años 40. Este recurso natural tarda centenas de millones de años en formarse y acumularse en la corteza terrestre (Tabla 1). Su uso conduce a la emisión de contaminantes como SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, que inducen a su vez un desequilibrio en el ciclo ecológico. El efecto invernadero (o calentamiento global) y las lluvias ácidas son manifestaciones de este desequilibrio. Si seguimos por este camino de derroche, las próximas generaciones pagarán las consecuencias.

La pasada guerra del Golfo Pérsico es una clara evidencia de esta situación. Se incendiaron en forma intencional más de 500 pozos petroleros. Se estima que ardieron 5 millones de barriles cada día, con emisiones de humos contaminantes hacia la India y el resto del continente asiático. Esta fue una guerra más donde todos perdemos por la destrucción irreversible del medio ambiente. Es difícil pensar que todo esto haya sido obra de los mismos habitantes de la región, ya que son los más beneficiados por la presencia del petróleo en su propio subsuelo.

Para apreciar los volúmenes de humo emitidos por los pozos incendiados, basta mencionar que el consumo mundial de petróleo asciende a una decena de veces la cantidad que se quemaba en los pozos de Kuwait. Y tan abundante es el

volumen de producción petrolera mundial que dicho incendio, que duró algunas semanas, no influyó en lo mínimo en el precio del crudo.

Con la generación de energía eléctrica en termoeléctricas, así como con el uso de vehículos automotores y de transporte en general, quemamos hidrocarburos y contribuimos a la contaminación. La única diferencia con la situación vivida en el Golfo Pérsico es que su uso es en forma pacífica y para *nuestro bienestar*. De la sociedad que se desarrolló con los incentivos asociados al crecimiento económico, debemos recuperar el sentido ecológico con la finalidad de balancear el ciclo natural y regenerar un planeta sano. ¿Cuánto tendría que gastarse y cuánto tiempo tardaríamos en regresar nuestro planeta a la situación natural con que contábamos al inicio de nuestro siglo? Con el ritmo actual de despilfarro, es previsible que la situación será irreversible al término de este siglo. Para lograr una sociedad de alto desarrollo, debemos considerar factores de bienestar de todos los seres vivos y no sólo de los humanos. El régimen de sociedad llamado ecoindustrial puede ser la llave para el futuro desarrollo tecnológico y ecológico autosostenible. México es un país productor y exportador de petróleo. Su riqueza en este recurso no renovable ha conducido, en tan sólo unos cuantos años, a un sustancial aumento en la participación de los hidrocarburos en la oferta interna de energía primaria. Dadas las tendencias actuales de diversificación energética de otros países, lo anterior podría significar para México un grave error a largo plazo<sup>1</sup>.

**Tabla 1: Tiempo de preparación de recursos energéticos naturales**

Recurso Energético	Tiempo acumulado en su formación mediante la energía solar
Carbón	300 - 400 millones de años
Petróleo	más de 60 millones de años*
Gas natural	más de 60 millones de años*
Acumulación del agua	3 días a 3 semanas
Viento	unas horas a unos días

\* Existen versiones que son del orden de centenas de millones de años.

## Atmósfera y energéticos

Desgraciadamente, los hidrocarburos siguen siendo el principal energético en la mayor parte del mundo. En el caso de México, más del 80% de las fuentes energéticas primarias provienen de hidrocarburos (carbón, petróleo, gas natural<sup>2</sup>). Mientras que el 40% del contenido energético de los hidrocarburos se pierde en el consumo general, al ser transformado en combustibles y solventes, en el caso de las centrales eléctricas esta pérdida es del 70%, esto es, en el proceso de



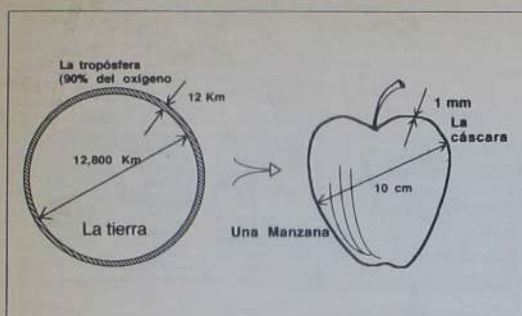


Figura 1. Analogía de la estructura de la tierra y la de una manzana.

generación de electricidad se deshecha alrededor del 70% del contenido energético en forma de calor o contaminantes. Para apreciar el impacto de este proceso contaminante, conviene hacer una analogía entre la estructura de la Tierra y la de una manzana (Fig. 1). La Tierra tiene alrededor de 12,800 km de diámetro y su tropósfera sólo 12 km de espesor, es decir, se tiene una relación de 1 a 1000 entre estas dimensiones. La tropósfera concentra el 90% de la masa atmosférica donde se presentan los fenómenos meteorológicos. En cambio, una manzana de unos 10 cm de diámetro cuenta para su protección con una cáscara de aproximadamente 1 mm de espesor, y entonces con una relación de 1 a 100 entre estas dimensiones. La tropósfera resulta entonces 10 veces más delgada en proporción cuando se le compara con la cáscara de la manzana. Esperamos que esta analogía genere una seria reflexión sobre la fragilidad de nuestro entorno terrestre y nos impulse a evitar a toda costa la contaminación atmosférica.

## Fuentes alternativas de energía

Desde el punto de vista estadístico, el consumo de energía es un factor que mide el grado de avance de la civilización humana y el producto interno bruto (PIB) de una nación es función de su consumo de energía per cápita. Existen diversos métodos para generar energía. Los métodos no convencionales o alternativos emplean energéticos renovables que contemplan un mínimo de contaminación. Dentro de las fuentes alternativas están la solar fotovoltaica y térmica, eólica,

biomasa, microhidráulica, oceánica y geotérmica. Varias de estas fuentes se pueden asociar de alguna manera a la energía proveniente del Sol. En el resto del presente artículo nos restringiremos al primer caso, en especial enfatizaremos que el método fotovoltaico constituye un sistema directo y limpio de conversión de la radiación solar en energía eléctrica.

## Sistema fotovoltaico: generación limpia de electricidad

La equivalencia eléctrica de la cantidad de energía que llega del Sol a la Tierra es del orden de  $1.77 \times 10^{14}$  kw, que corresponde a alrededor de varios cientos de miles de veces el consumo actual de energía en el mundo. Aun cuando el consumo mundial se incrementara de manera apreciable, no llegaría a compararse ni siquiera al cambio de flujo de energía solar debido a la aparición de manchas solares. Por tanto, además del mérito de utilizar una fuente de energía sin costo y por lo anterior prácticamente inagotable, la generación solar tiene los siguientes seis atributos que no comparten otros sistemas de generación de energía; por ello a este método se le puede considerar como una fuente de energía del futuro.

*Ausencia de partes mecánicas.* Debido a que la conversión de luz en electricidad se realiza por medio de un efecto cuántico, no requiere de partes móviles como sucede en las plantas termo o nucleo-eléctricas que requieren de generadores o turbinas. Además, no genera ruido, calor, radiación, ni riesgos de explosión o gases tóxicos. Literalmente, es una forma limpia de conversión de energía.

*Mantenimiento sencillo.* Es un sistema sin movimientos rotatorios o de translación, que no involucra compartimientos sujetos a altas presiones y temperaturas, ni tiene componentes que se desgasten por fricción. Por ello no se requiere de sistemas de lubricación o de estructuras costosas. En el caso de los satélites de comunicaciones o los faros de señalización marítima, la operación del sistema se facilita con poco mantenimiento.

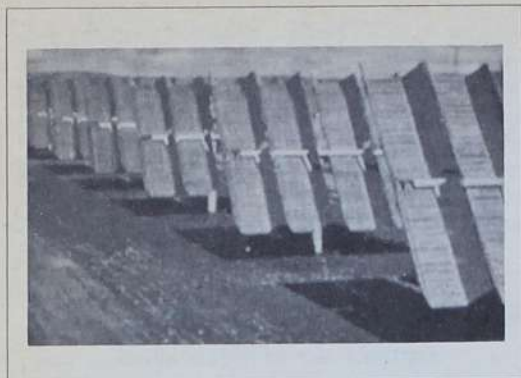


Figura 2. Ejemplo de una planta generadora fotovoltaica.

*Eficiencia constante.* La eficiencia de conversión de las celdas solares no depende del tamaño global del sistema y es constante. Se puede generar energía según la cantidad instalada, desde 10 miliwatts para calculadoras electrónicas hasta varios megawatts en una planta fotovoltaica (Fig. 2). Esta característica se debe esencialmente a las propiedades de la conversión fotovoltaica por medio de un proceso cuántico y sería imposible de imitar por los sistemas térmicos como las plantas nucleares.

*Es modular.* Por su diseño modular compacto, las celdas solares pueden fabricarse en serie, de acuerdo a la escala de superficie requerida y según las necesidades es posible agregar nuevos módulos sin mayor complicación.

*Generación aún con luz difusa.* Así como las calculadoras solares funcionan bajo iluminación interior, los generadores fotovoltaicos trabajan bajo radiación directa o difusa, y aún durante la lluvia. Esta es otra de las propiedades favorables asociadas al efecto cuántico fotovoltaico.

*Empleo de la energía desaprovechada.* Aunque la eficiencia de conversión es del 15% en las celdas solares, en realidad podemos pensar que se está aprovechando este porcentaje de energía que previamente se desaprovechaba. En cambio, una planta termoeléctrica, con un 30% de eficiencia, no representa una mejor opción puesto que además de utilizar recursos no renovables,

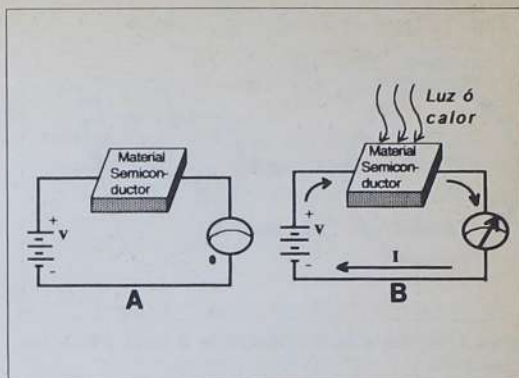


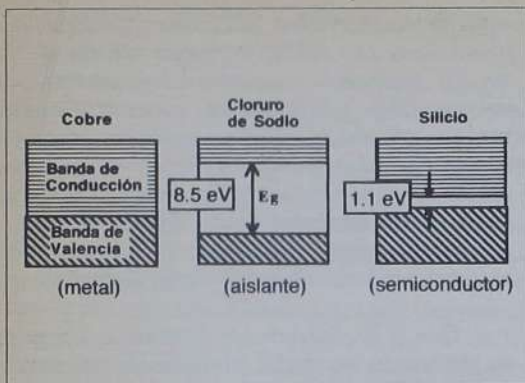
Figura 3. Modulación de la conductividad del semiconductor sin (a) o con (b) excitación externa.

el restante 70% está asociado a energía degradada en forma de calor y contaminantes.

## Semiconductores y el efecto fotovoltaico

Las celdas solares se fabrican con materiales semiconductores, como el silicio en forma de cristal, policristal o amorfo. También existen materiales semiconductores compuestos de GaAs, InP, CdS y CuInSe<sub>2</sub>. Los semiconductores tienen propiedades muy peculiares y según la excitación externa cambian sus propiedades eléctricas. Para apreciar su funcionamiento, consideremos el material semiconductor no está expuesto a una excitación externa como luz o calor, no se produce corriente en el circuito eléctrico mostrado. El semiconductor cambia sus propiedades debido a la excitación por la radiación o el calor, aumentando su conductividad. Por eso, en la figura 3(b), mientras la radiación permanezca sobre el semiconductor, se mantiene la conducción de la corriente eléctrica. En este caso, la variación de la conductividad se debe a los electrones de valencia que pasan a un nivel energético mayor debido al efecto de incidencia de la radiación.

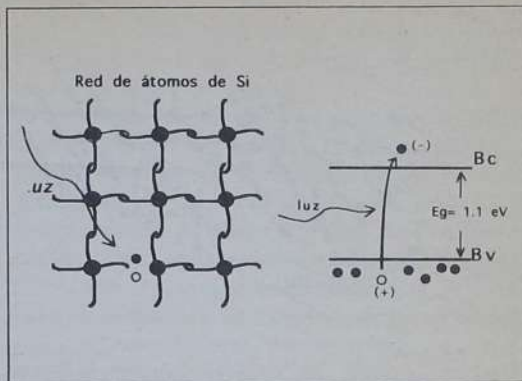
En la Fig. 4 se presenta en forma esquemática el concepto de conducción eléctrica en diferentes tipos de materiales. Se muestra un



**Figura 4.** Representación de la conductividad eléctrica de diferentes materiales mediante diagramas de bandas.

material conductor (cobre), el cloruro de sodio (sal) como aislante y al silicio como semiconductor. Cada una de las figuras contiene la representación de las bandas de valencia y de conducción en relación a la energía que poseen los electrones. En el caso del cobre, la banda de conducción se traslapa con la de valencia, por lo que los electrones pueden transitar libremente en dicha zona y el material presenta una excelente conductividad. En cambio, tanto en los casos del silicio como de la sal existe un espaciamiento entre estas bandas. Esta separación se denomina *ancho de banda* ( $E_g$ ), y representa el potencial que requiere un electrón de la banda de valencia para alcanzar el nivel de conducción. Como se aprecia, un material aislante tiene un ancho de banda bastante amplio, por lo que requerirá un potencial muy grande para que dicho material conduzca. Por otro lado, el silicio presenta un ancho de banda moderado. En este caso un electrón necesitará únicamente el potencial de 1.1 eV para alcanzar el borde de conducción en una red cristalina de silicio y su correspondiente diagrama de bandas (Fig. 5).

Al ocurrir dicha transición, la ausencia del electrón da origen a un hueco en su lugar que, a diferencia del electrón, es de carga positiva. El efecto fotovoltaico aparece cuando estos portadores de la carga (electrones y huecos) son separados por medio de un campo eléctrico interno que se origina en la unión denominada p-n. Dicha unión se forma con materiales semiconduc-



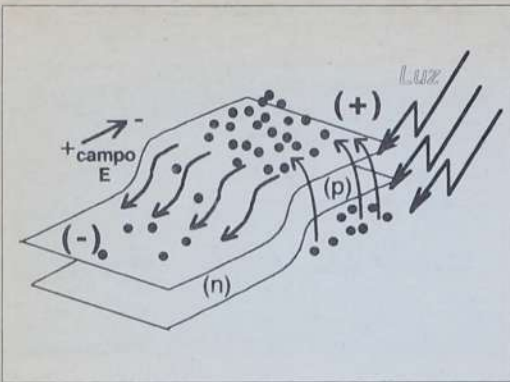
**Figura 5.** Representación de la generación de los pares electrón-hueco por la excitación óptica de la red cristalina del semiconductor.

tores, debidamente preparados, de conductividades opuestas, es decir, tipo positivo y negativo (p y n). La figura 6 muestra la unión p-n bidimensional en donde se puede observar el proceso de generación de los portadores de carga (electrones y huecos) por la excitación exterior. Se puede ver que los electrones se difunden y se *resbalan* del lado "p" al lado "n" debido al campo eléctrico interno establecido.

Los portadores así generados y separados mediante el campo eléctrico interno son recolectados por medio de los electrodos. Al conectar un circuito externo a las terminales de estos electrodos empezará a fluir una corriente eléctrica. La densidad de corriente dependerá del número de portadores fotogenerados en una unidad de área y la recolección de los mismos. El voltaje que genera la celda solar dependerá del ancho de banda  $E_g$  del semiconductor y el nivel de conductividad (impurificación) del mismo.

## Eficiencia de conversión

Las celdas solares se pueden dividir en tres tipos: de volumen o de material masivo, de películas delgadas y de concentración. Las de volumen son las que actualmente se comercializan en forma de módulos y generalmente son de silicio monocristalino (c-Si) o policristalino (poly-Si). Los módulos se obtienen al interconectar en serie o paralelo las



**Figura 6.** Diagrama de bandas de una unión p-n bidimensional con los procesos de generación de electrones y su recolección por el campo eléctrico interno.

celdas, según necesidades de voltaje o corriente, respectivamente, para finalmente encapsularlos en marcos de aluminio, con vidrio por la parte frontal y un sellado por atrás que las protegerá del medio. La eficiencia de conversión de los módulos comerciales van del 8 al 14% con garantía de hasta 12 años.

La eficiencia de las celdas solares de silicio monocristalino se ha incrementado del 6% en los años 50 a 24% al principio de los 90. Este último valor representa el límite teórico de eficiencia; sin embargo, el proceso de elaboración de celdas con

esta eficiencia emplea tecnologías relativamente sofisticadas. Las celdas de concentración se obtienen empleando materiales semejantes de volumen (0.3 a 0.4 mm de espesor). Sin embargo, su diseño se adecúa para poder generar y soportar grandes densidades de corriente eléctrica debido a que la concentración de la radiación solar la puede aumentar desde algunas decenas a centenas de veces, requiriendo de un sistema de enfriamiento pasivo o activo según el diseño.

Con la finalidad de incrementar la eficiencia de conversión, las celdas cristalinas de volumen se pueden fabricar con compuestos como el GaAs, InP, o tipo tandem (apilados con diferentes materiales semiconductores) de GaAs con Si, GaP con GaAlAs, etc. Los logros más recientes alcanzan el 35% de eficiencia en estas configuraciones. Sin embargo, una de las desventajas del material cristalino es el alto costo que representa la obtención del mismo. Esto se debe principalmente a que durante la obtención del material y formación del dispositivo se requiere un proceso prolongado sujeto a altas temperaturas. Dichos procesos térmicos emplean temperaturas del orden de 900 a 1500°C, por lo que su costo de fabricación no puede reducirse apreciablemente.

Existe otra tecnología para producir celdas solares llamadas de películas delgadas con

**Tabla II. Eficiencia de conversión  
(Celdas solares de volumen)**

Tipo	Tamaño	Antes	1988	1991
monocristal-Si	40 a 80 cm <sup>2</sup>	13%	16%	18%
monocristal-Si	4 cm <sup>2</sup>	17%	22%	24%
policristal-Si	100 cm <sup>2</sup>	11%	15%	16%
GaAs	4 cm <sup>2</sup>	22%	24%	26%
GaAs concentración	-	26%	30%	35%
AlGaAs/GaAs	-	13%	-	-
GaAs/Si	-	11%	18%	21%
CdTe	-	-	12%	15%

procesos simples. Por ejemplo, la técnica de plasma CVD (depósito químico en fase de vapor asistido por plasma) emplea materiales en forma gaseosa como el silano ( $\text{SiH}_4$ ) que se descompone por medio de excitación electromagnética. De esta forma se puede depositar el silicio sobre diferentes tipos de sustratos y obtener celdas a temperaturas relativamente bajas (del orden de  $200^\circ\text{C}$ ). Se le denomina de películas delgadas ya que el espesor de estas películas son del orden de un micrómetro (una milésima de mm). A pesar de que esta tecnología se empezó a aplicar desde los años 80, actualmente existen módulos fabricados con películas delgadas de silicio amorfo hidrogenado (a-Si) con eficiencia<sup>3</sup> del orden de 10% y celdas tipo tandem (a-Si/c-Si) de eficiencia<sup>4</sup> de 16.8%. También son abundantes las investigaciones en los materiales compuestos de los grupos II-VI. En las tablas II y III se resumen las eficiencias de conversión de diferentes tipos de celdas solares.

La Sección de Electrónica del Estado Sólido (SEES) del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav es uno de los pocos grupos nacionales que actualmente realizan investigación sobre celdas solares. En los últimos años se han preparado celdas solares de silicio monocristalino de unión mediante procesos térmicos convencionales, de películas delgadas de silicio amorfo "tipo

pin" y de doble unión por el método de plasma CVD, así como la de GaAs con el sistema CVD-organometálico. La finalidad es interpretar las propiedades del material y su relación con el funcionamiento del dispositivo a fin de mejorar la eficiencia de conversión. Mediante la ayuda de las computadoras personales se modelizan y se diseñan celdas de silicio cristalino de alta eficiencia, las cuales se fabricarán próximamente en colaboración con instituciones extranjeras. Por otro lado, se preparan y se caracterizan diversos materiales semiconductores por el método de rocío químico como CdTe, CdS,  $\text{CuInS}_2$ ,  $\text{AgInS}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}_x$ , para fines fotovoltaicos.

## Aplicaciones fotovoltaicas

En el ramo de la electrónica de consumo, desde finales de los años 70 se ha incrementado el uso de las celdas solares para calculadoras electrónicas, relojes digitales, cargadores, radios, lámparas, etc., sustituyendo a los de pilas eléctricas. En el ramo de potencia, en los últimos diez años se han instalado diversas centrales eléctricas fotovoltaicas de varios megawatts de magnitud en diferentes lugares. La mayor se encuentra en Carrisa Plain, California, con una capacidad de 7

**Tabla III. Eficiencia de conversión  
Celdas solares de películas delgadas**

Tipo	Tamaño	Antes	1988	1991
(amorfo) a-Si	pequeñas	9%	12%	12.5%
a-Si	sub-módulos 100 - 1000 $\text{cm}^2$	6%	9.6%	10%
a-Si	módulos 1200 - 3000 $\text{cm}^2$	5%	7%	9%
a-SiGe	pequeñas	—	13.6%	—
$\text{CuInSe}_2$	100 $\text{cm}^2$	6.2%	12%	14.1%
$\text{CuGaInSe}_2$	1 $\text{cm}^2$	7%	12.9%	—
$\text{CuGaInSe}_2$	1000 $\text{cm}^2$	11.1%	—	—
policristal-Si	100 $\text{cm}^2$	11%	15%	15.8%
policristal-Si	225 $\text{cm}^2$	—	—	15%



megawatts; suministra energía eléctrica a zonas residenciales desde hace siete años.

En el Cinvestav, desde finales de los años 60 se desarrollaron programas de fabricación de las primeras versiones de módulos fotovoltaicos de 7 watts. Las aplicaciones masivas entraron en vigor después de crear la planta piloto de producción de celdas solares. El programa incluyó las instalaciones de luminarias en más de 150 albergues infantiles en diferentes estados de la República Mexicana, así como equipos de radiotelefonía rural, televisores para educación y sistemas de bombeo de agua<sup>5</sup>. Actualmente existen en México más de 10 empresas particulares que comercializan con instalaciones fotovoltaicas. En la República Mexicana hay más de 80 mil comunidades rurales que aún no tienen el fluido eléctrico y varias empresas contribuyen en el Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL) para la elec-

trificación rural. Desde finales de los años 80, la instalación fotovoltaica en estas zonas ha crecido apreciablemente y se estima que cada año se instalan más de 1500 kilowatts en módulos. Las principales instalaciones han sido de iluminación de las comunidades rurales en los diferentes estados mediante un paquete que consiste de un módulo fotovoltaico, lámparas fluorescentes, un banco de baterías y controlador de carga. La Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Teléfonos de México (TELMEX) y Ferrocarriles Nacionales han empleado los sistemas fotovoltaicos para señalización y telecomunicación. El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) electrificó con este sistema sus unidades médicas rurales y repetidoras de radiocomunicaciones. La Compañía de Luz y Fuerza del Centro y el Instituto Nacional Indigenista (INI) han electrificado comunidades rurales y albergues infantiles para su iluminación. Además, existen instalaciones en casas y rancherías particulares para alimentación de radio, televisión, videos, bombeo de agua, etc.

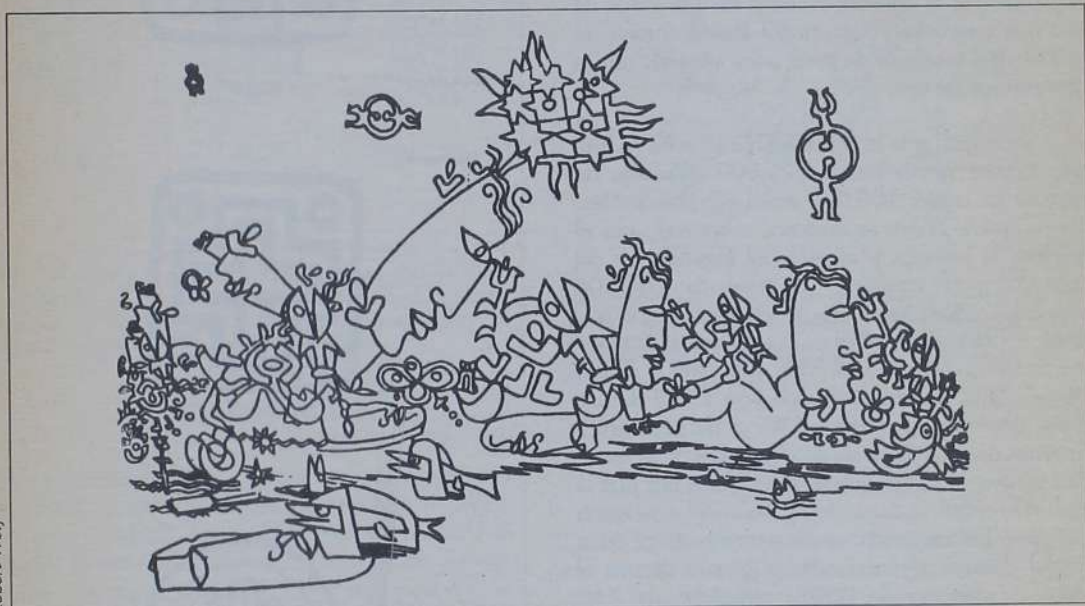
México es uno de los países que, además de poseer una gran cantidad de recursos naturales, se sitúa en la franja principal de irradiación solar. Por ello seguiremos aprovechando abundante y adecuadamente este recurso y continuaremos abriendo la puerta de una cultura sana. ❁

## Notas

1. R. Gutiérrez et al., El sector energético de México, en *Posibilidades y limitaciones de la planeación energética en México* (Colmex, México, 1988) p. 49.
2. A. Souza, *Uso eficiente y conservación de la energía I*, Dirección general de energía SEPAFIN. Programa universitario de energía, (UNAM, México, 1982) p. 89.
3. T. Yoshida, High efficiency double-junction tandem solar cell and their reliability, en Proc. 10th European Photovoltaic Solar Energy Conference, (Lisboa, Portugal, 1991) p. 1193.
4. Y. Matsumoto et al., *J. Appl. Phys.* **67**, 6538 (1990).
5. J. L. del Valle et al., The experience of the CINVESTAV-IPN in the R & D of photovoltaic system for the Mexican rural area, Technical digest of the International photovoltaic science and engineering conference V Kyoto, Japón (1990), p. 1007.

## Historias del oro

*"Doña Blanca está cubierta de pilares de oro y plata, romperemos un pilar para ver a doña Blanca".*



Robert Wolf

### Robert Wolf y Rosalinda Contreras

#### Todo el oro del mundo

Al menos desde hace siete mil años el oro es compañero de viaje de la especie humana. A menudo accesible sin metalurgia, prácticamente inalterable, bello, escaso, transformado en objeto de arte en homenaje a los dioses, confiere poder y tranquiliza a quien lo atesora. En suma, el oro está rodeado de fascinantes atractivos. Ya que se le cotiza cada día en la bolsa de valores, sólo ha-

blaremos de él en ángulos alejados de la economía: anécdotas, geología, química.

En un diccionario de talla mediana (como de tres volúmenes) se cuentan más de treinta expresiones que toman al oro como testigo: empieza por la "edad de oro", para terminar con "vale su peso en oro" y pasar por "el oro de los locos" (un sulfuro metálico, tan bello como el oro que volvía loco al buscador de oro que se creía rico sin serlo). Todos estos recovecos del lenguaje nos servirán de guía para llegar a nuestro propósito. Es exagerado decir "por todo el oro del mundo", sobre todo si esta frase es seguida de otra negativa: "no te cederé mi parte", "no te venderé mi terreno". Y a propósito, todo el oro del mundo, ¿cuánto es?

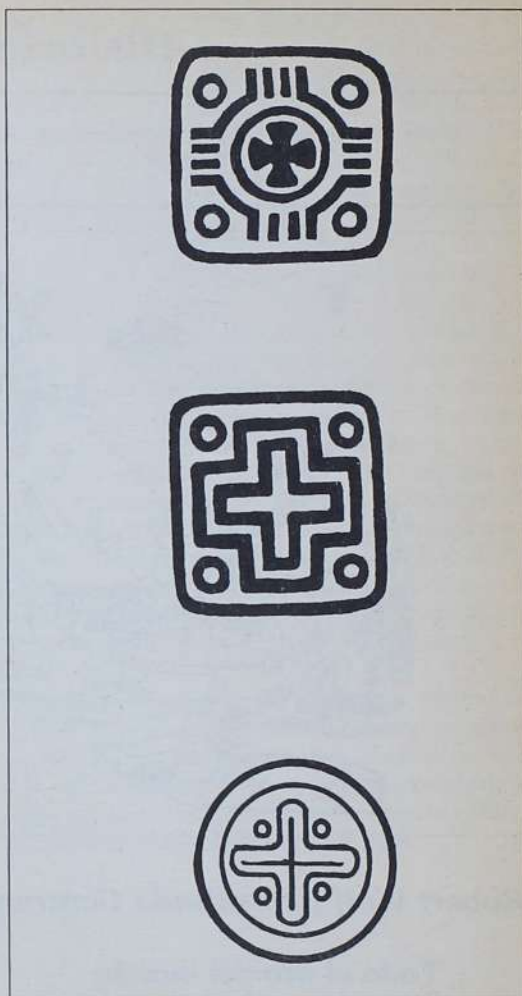
El Dr. Robert Wolf es director de investigación del CNRS, Universidad Paul Sabatier Toulouse, Francia. Su campo de investigación es la química del fósforo. La Dra. Rosalinda Contreras es investigadora titular del Departamento de Química del Cinvestav. Su campo de investigación es la química de los compuestos orgánicos del boro y del fósforo.

Los geólogos estiman que un kilómetro de espesor de la corteza terrestre pudiera contener de uno a dos millares de toneladas del preciado metal, a las cuales habría que agregar veinte millones de toneladas en las aguas oceánicas. Esto parece fabuloso; sin embargo, un cálculo simple muestra que estas cifras conducen a un contenido promedio en la corteza terrestre de 1 a 2 mg de oro por tonelada. ¡Cuán poco! Prácticamente se extrae una tonelada de roca para obtener uno a dos gramos de oro.

Se estima que la actividad humana ha permitido extraer alrededor de 125,000 toneladas de oro, de las cuales 100,000 están aún disponibles. En resumen, el oro es costoso, sobre todo por el trabajo, la energía y el arte del ingeniero y del químico para extraerlo. El total de 100,000 toneladas acumuladas no es enorme. Repartido entre los cinco mil millones de humanos de nuestro tiempo, cada uno recibiría entre tres y cuatro *Napoleones* conteniendo cada uno 5.8 gr de oro puro, que corresponden a 6.45 gr de peso bruto (normas de esta pieza de oro francesa). Esta cantidad de oro es tan pequeña que explica por qué la idea de repartirlo no se le ha ocurrido a ninguna persona. Esta aritmética nos permite, entre otras cosas, calcular el precio de un gramo de oro al valor de febrero de 1993: alrededor de 110 nuevos pesos, de acuerdo con el valor de un centenario que contiene 37.5 gr de oro puro. Desde hace unos treinta años el mercado del oro es libre, se le considera una mercancía como cualquier otra.

En "todo el oro del mundo" hay también oro nuevo, puesto en el mercado como resultado de la producción contemporánea, que es considerable: el récord fue cerca de 2,000 toneladas extraídas en 1990. En 24 años se extrajeron 26,000 toneladas que corresponden a la quinta parte de la cantidad producida en los veinticinco siglos precedentes. Estas cifras traducen bien el progreso técnico y la bolumia insaciable del hombre moderno.

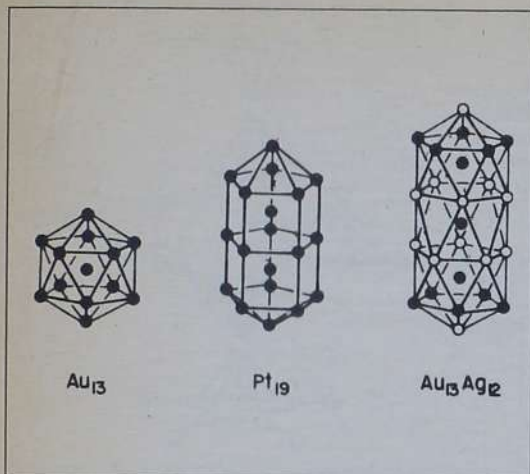
Se entiende bien por qué el talento de los geólogos es tan solicitado en este terreno. Entre sus descubrimientos han mostrado que el oro diseminado en forma "invisible" existe y puede ser



En nahuatl, *teocuicatl* -excremento de los dioses- es la palabra asociada al oro. Se muestran dos diseños del glifo asociado al oro procedentes del estado de Puebla (arriba) y de la ciudad de México (en medio). En la parte inferior se muestra el logotipo de la Academia Mexicana de Química Inorgánica, que incorpora el mismo diseño en forma estilizada.

explotado; este oro se encuentra en granos muy pequeños (al menos de 2 milésimas de milímetro en los sedimentos más diversos). Los administradores de estas nuevas minas no tienen nada que ver con los pintorescos aficionados del campeonato del mundo de buscadores de oro, celebrado en 1988 en Foix (Francia).

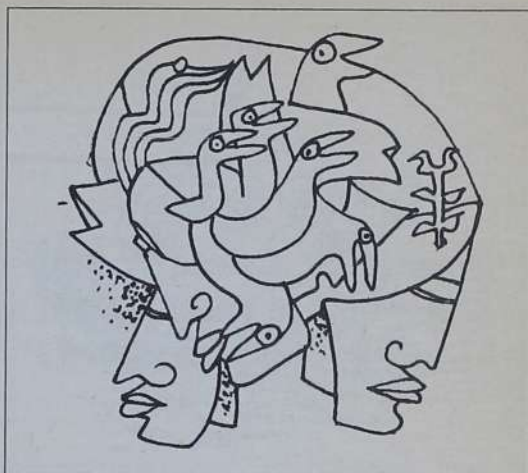




**Fig. 1** Los pilares de oro y plata se hicieron realidad en la química, los siguientes compuestos son conocidos como cúmulos; de izquierda a derecha, el primero es de oro, el segundo de platino y el tercero de oro y plata.

## Oro coloidal

Dos expresiones de nuestro diccionario conservan la marca de los alquimistas, "el oro fulminante" y "el oro potable". La primera resultó de un hallazgo: el oro es soluble en agua regia. Se agrega a esta solución amoníaco y luego se concentra, se forma un complejo de oro y amoníaco que es explosivo. La segunda expresión, "el oro potable", fue propuesta como elixir de una vida prolongada; he aquí la receta tomada de un diccionario de química de 1766: "se mezclan y agitan dieciseis partes de aceite esencial de romero con una parte de oro disuelto en agua regia y se separa en seguida el agua regia desprovista del oro del aceite que ahora lo contiene y se disuelve este último en el quintuple de su peso en espíritu de vino rectificado con azúcar morena"; puede ser que fuera un licor agradable, ¡pero en cuanto a prolongar la vida! En términos modernos este licor contiene aparentemente oro coloidal, una particularidad del oro para formar agregados, es decir, paquetes de átomos asociados entre ellos dando a las soluciones colores tomasolados que dependen del tamaño de los cúmulos metálicos (Fig. 1). La búsqueda para encontrar virtudes al oro coloidal no ha cesado desde hace dos siglos. Los artículos aparecen todavía regularmente so-



Robert Wolf

bre este tema y alguna utilidad ha sido descubierta, pero ningún hallazgo espectacular. Los medicamentos que contienen oro coloidal se venden todavía.

## Piedra filosofal

La fascinación ejercida por el rey de los metales ha suscitado experimentos de toda clase para preparar la "piedra filosofal". Entre otras cosas, debía transformar los metales corrientes en preciosos, en particular el mercurio en oro. Esto último no era fortuito puesto que los alquimistas establecían una jerarquía entre los metales. El mercurio, el *hydrargirio* (de ahí su símbolo: Hg), estaba en esa clasificación en una posición estimable justificada por esa propiedad rara de poder disolver al oro, el más noble de los metales.

Muchos alquimistas han pretendido haber tenido éxito con un medio grano de pólvora al transmutar dos onzas de mercurio en más o menos dos onzas de oro. Se sabe ahora que los procesos utilizados por los alquimistas no podían conducir a modificaciones nucleares del átomo. Las reacciones químicas ocurren en un intervalo de temperatura de -250 a 800°C, aproximadamente, mientras que las modificaciones nucleares requieren de temperaturas de diez millones a mil millones de grados. Se sabe que el descubrimiento

Robert Wolf

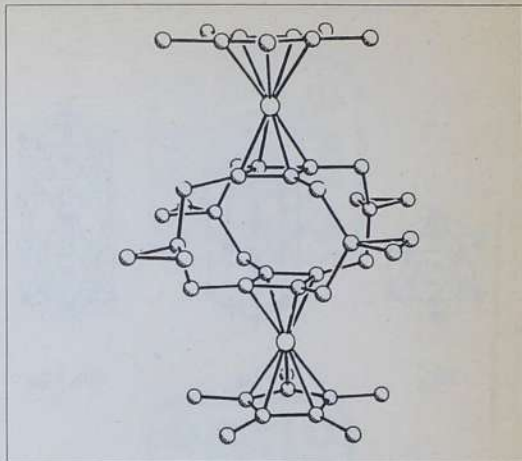


reciente de una fusión fría ha hecho mucho ruido, pero el resultado no ha podido ser comprobado. Con el tiempo es también curioso constatar que el mercurio y el oro son vecinos en la clasificación periódica (números atómicos 79 y 80) y que los físicos nucleares saben efectivamente pasar del mercurio al oro, ¡pero a qué precio!

## La gallina de los huevos de oro

Con nuestra extraña manera de progresar lanzando ideas extravagantes, "la gallina de los huevos de oro" revela una fantasía comparable a la de la piedra filosofal. Tener en nuestro gallinero un ave que transforma el trigo en oro significa un progreso muy lucrativo, pero nada de eso ha sucedido. Sin embargo, en esta fábula, también alejada de lo razonable, había un grano de verdad. Se piensa ahora que la biomineralización del oro intervino muy temprano en el proceso de evolución.

La idea que nos es más familiar en la formación de los yacimientos auríferos es ciertamente el lavado de las rocas a través de milenios y la acumulación del metal en la arena de los ríos. Sin embargo, se tiene la certeza de que la formación de granos de oro puede ser realizada por microorganismos. ¿Algunas bacterias han tenido necesidad del oro para asegurar su desarrollo? No es una explicación plausible, se piensa más bien

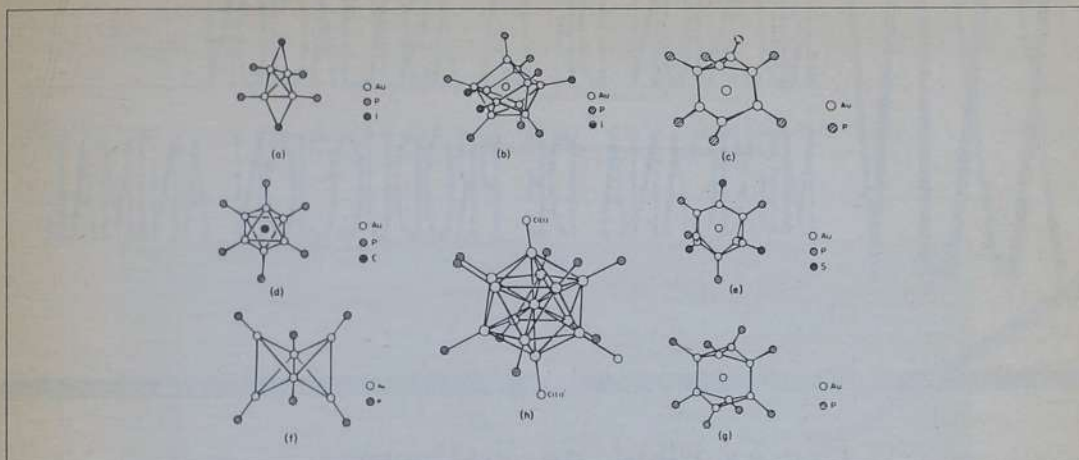


que la estructura membranal de las bacterias está constituida de tal manera que las pequeñas cantidades de complejos de oro que se encuentran por todos lados son químicamente retenidas, entre otros, por átomos de azufre (tioles, tiolatos) de las proteínas de las membranas. Esta hipótesis puede ser apoyada de diversas maneras. Una cosecha de algas (*Chorella vulgaris*) secada y liofilizada, puesta en una solución de sal de oro, absorbe hasta el 10% del peso seco del alga. En este experimento no se forma oro metálico. Sin embargo, en la química de los seres vivos estos complejos de oro absorbidos se encontrarán acoplados a procesos de óxido por reducción y proveyerán al oro de los electrones que faltan para convertirlo en oro metálico.

Muy ligado a este nuevo concepto sobre la formación del oro, es posible ahora preparar monocapas de tiolatos asociados a monocapas de átomos de oro. Una técnica reciente, la microscopía por efecto túnel, permite literalmente ver los átomos de oro (en escala atómica) en interacción con los iones tiolatos (RS-).

## Oro y carbono hexacoordinado

Una última historia: cómo la química del oro conduce al descubrimiento del carbono hexacoordinado. El oro posee propiedades que no son comunes para un metal; por ejemplo, es posible




**Fig. 2.** Las hermosas estructuras de la figura son compuestos de oro, en especial la (d) contiene un átomo de carbono hexacoordinado.

producir aururo de cesio  $\text{AuCs}^+$ , compuesto en el que el oro gana un electrón y se comporta como un no-metal (como lo haría un halógeno Cl). La molécula  $\text{Au}_2$  existe en el estado de vapor. Y algo todavía más curioso: en las decenas de estructuras encontradas con el método de difracción de rayos X, los compuestos de tipo  $\text{X}^-\text{Au}^+\text{Y}^-$  (X y Y son ligantes monodentados neutros o aniónicos, por ejemplo  $\text{Cl}^-\text{Au}^+\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ ,  $\text{Cl}^-\text{Au}^+\text{CO}$ , etc), se constata que los átomos de oro parecen estar atraídos entre sí, a menudo a distancias muy pequeñas ( $3 \pm 0.25$  Å); en estas condiciones, los átomos de oro forman arreglos lineales, ciclos, planos, o capas onduladas.

Los expertos en mecánica cuántica se han interesado en este problema, y han buscado a partir de datos experimentales explicar estos comportamientos atípicos del oro. Estas investigaciones condujeron a la explicación siguiente: tomando en cuenta la carga elevada del núcleo del oro, los electrones periféricos de valencia toman una velocidad cercana a la de la luz, produciendo un efecto relativista que perturba la distribución normal de los electrones en los orbitales 6s y 5d. Este fenómeno sería el origen de una interacción ligante entre átomos de oro. La energía de este tipo de enlace sería del mismo orden que la energía ligante del enlace de hidrógeno. Esta atracción del oro por el oro, bien

caracterizada en el estado sólido, podría no subsistir en solución.

Los estudios de los químicos cuánticos han sugerido nuevos experimentos. Así, en las síntesis que habrían podido conducir al  $\text{C}[\text{AuP}(\text{C}_6\text{H}_5)_3]_4$ , han obtenido entre otros  $\text{C}[\text{AuP}(\text{C}_6\text{H}_5)_3]_6^{2+}$ , compuesto en el cual el átomo de carbono estaría rodeado de seis átomos de oro colocados en los vértices de un octaedro a distancias muy cortas (Fig. 2, 2.08 Å). En el pasado, a menudo se había pensado que el carbono no podía encontrarse en coordinaciones mayores a cuatro. El oro permite llegar así a un derivado del carbono hexacoordinado que es excepcional y que es una joya por su rareza. 

## Bibliografía

- P.J. Macquer (1718-1784), *Dictionnaire de Chymie* **2**, Vol. A (Paris Chez Lacombe, Libraire, 1766).
- J.W. Watkins II et al., Determination of gold binding in algal biomass using EXAFS and XANES spectroscopies, *Inorg. Chem.* **26**, 1147 (1987).
- H. Schmidbauer, The fascinating implications of new results in old chemistry, *Gold Bull.* **23**, 1 (1990).
- G. Tanelli, La géologie des gisements aurifères, *Pour la Science* **180**, 70 (1992).
- S. Mann, Bacteria and the Midas touch, *Nature* **357**, 358 (1992).

# XXIV

# REUNION DE LA ASOCIACION MEXICANA DE PRODUCCION ANIMAL

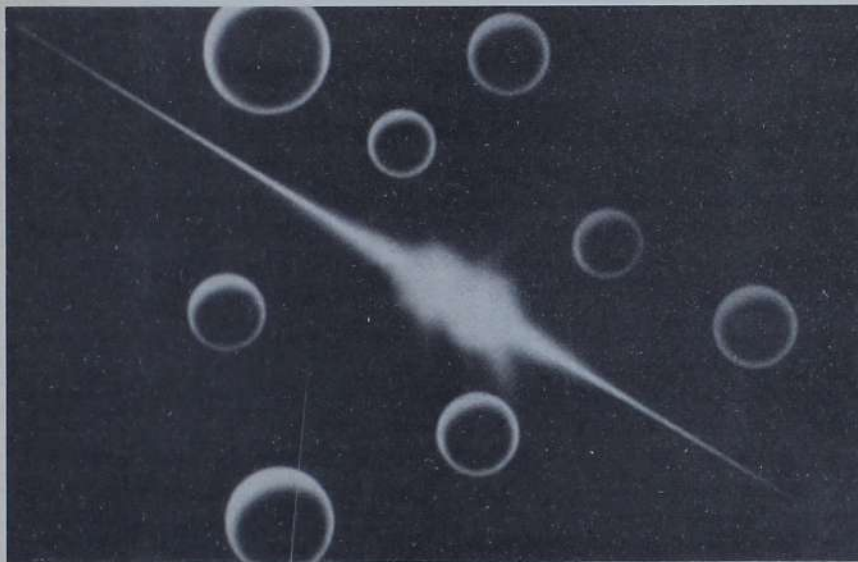
Facultad de Zootecnia  
Universidad Autónoma de Chihuahua  
13-15 de octubre de 1993, Chihuahua, Chih.

- Conferencias magistrales
- Presentación oral de resúmenes
- Presentación de carteles

Mayor Información:  
Comité Organizador XXIV RAMPA  
Facultad de Zootecnia  
Universidad Autónoma de Chihuahua  
Km. 1 Periférico Francisco R. Almada  
Adm. Correos 4-28  
Chihuahua, Chih. 31031  
Tel: (14)18 62 55, 18 63 75, 18 67 31, ext. 13, 14  
Fax. (14) 18 61 95

## Bosones de Higgs: el enigma de la masa

Por primera vez en la historia de la Física es posible entender el origen de la masa de las partículas elementales a partir de primeros principios.



**Miguel Angel Pérez Angón**

### ¿Cuál es el origen de la masa?

Las partículas más elementales que conocemos tienen unas cuantas propiedades intrínsecas sobre las que todavía sabemos muy poco: masa, carga eléctrica y espín (momento angular interno). En la tabla 1 se presenta el esquema que tenemos para estas partículas de acuerdo con el modelo estándar de las interacciones fundamentales propuesto

El Dr. Miguel Angel Pérez Angón, investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav y editor de *Avance y Perspectiva*, es físico egresado del ITESM y doctor en ciencias (Física) del Cinvestav. Su campo de investigación es la física teórica de altas energías. El presente texto es una versión abreviada de la conferencia plenaria presentada en el Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Física, Puebla, octubre de 1992.

en 1969 por Sheldon Glashow, Abdus Salam y Steven Weinberg. Este modelo ofrece una descripción cuantitativa y precisa de todos los datos experimentales obtenidos hasta ahora en los grandes aceleradores de partículas. Los *tres reinos de la materia* mostrados en esta tabla consisten de la familia de leptones (los parientes del electrón), la familia de quarks (los constituyentes del protón, el neutrón y el resto de sus parientes: los hadrones), y cuatro tipos de bosones intermedarios: fotones; bosones vectoriales  $W^+$ ,  $Z$ ; gluones y bosones escalares de Higgs.

Los bosones intermedarios reciben este nombre porque al ser intercambiados entre los leptones y los quarks generan las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. Los fo-

**Tabla 1. Los tres reinos de la materia: leptones, quarks y bosones intermedarios**

		Masa (MeV)	Carga (e)	Espín (h)
Leptones	e	0.51	$\pm 1$	1/2
	$\nu_e$	$< 7.3 \times 10^{-6}$	0	1/2
	$\mu$	105.65	$\pm 1$	1/2
	$\nu_\mu$	$< 0.27$	0	1/2
	$\tau$	1784.1	$\pm 1$	1/2
	$\nu_\tau$	$< 35$	0	1/2
Quarks	u	2-8	$\pm 2/3$	1/2
	d	5-15	$\pm 1/3$	1/2
	c	$1.3-1.7 \times 10^3$	$\pm 2/3$	1/2
	s	100-300	$\pm 1/3$	1/2
	t(?)	$> 106 \times 10^3$	$\pm 2/3$	1/2
	b	$4.7-5 \times 10^3$	$\pm 1/3$	1/2
Bosones intermedarios	$\gamma$	0	0	1
	Z	$91.173 \times 10^3$	0	1
	$W^\pm$	$80.22 \times 10^3$	$\pm 1$	1
	g	0	0	1
	G(?)	0	0	2
	H(?)	?	0, $\pm 1, \pm 2, \dots$	0

tones ( $\gamma$ ) generan las interacciones electromagnéticas, los bosones vectoriales  $W^\pm$ , Z inducen las interacciones débiles (que determinan los decaimientos radiativos en átomos), los gluones (g) producen las interacciones fuertes entre quarks y son determinantes de la estabilidad de los núcleos atómicos, y los gravitones (G) generan las interacciones gravitacionales. Al igual que los gravitones, los bosones de Higgs (H) no han sido detectados todavía; como su acoplamiento al resto de partículas elementales involucra la masa de cada una de ellas, la confirmación de su existencia deberá interpretarse como un nuevo tipo de interacción.

La carga eléctrica y el espín de las partículas incluidas en la tabla 1 siguen un patrón bien de-

finido. En cada caso, ambos son múltiplos sencillos de la carga eléctrica del electrón o de la constante de Planck  $h$  que caracteriza la escalas de energía de los fenómenos físicos involucrados en el mundo atómico. En cambio, el espectro de masas de las partículas elementales muestra un patrón bastante irregular. En el caso de la carga eléctrica y del espín se dice que presentan un espectro cuantizado debido a que su regularidad involucra saltos (cuantos) de números enteros o fraccionarios ( $1/2$ ,  $1/3$ ,  $2/3$ ) y a que su origen se puede trazar a los principios básicos de la mecánica cuántica. En cambio, hasta ahora no contamos con un sólo indicio sobre el origen del espectro

de masas y entonces de la falta de regularidad del patrón de masas incluido en la tabla 1.

## Mecánica clásica

La masa juega un papel dual en la mecánica clásica. Hace más de trescientos años, Isaac Newton introdujo el concepto de masa en dos de sus leyes más famosas. En la llamada segunda ley de Newton, la masa inercial representa la resistencia que ofrece cualquier cuerpo a ser puesto en movimiento. A mayor masa deberá corresponder una fuerza más intensa para acelerarlo, esto es, a cambiarle su estado de movimiento (velocidad). Por otra parte, en la ley de la gravitación univer-

sal, que explica la fuerza de atracción entre dos objetos con masa, la masa gravitacional juega el papel de *carga* o fuente del campo gravitacional: a mayor masa la intensidad de la atracción gravitacional será mayor.

Desde la formulación de estas dos leyes surgió la pregunta natural de si existe una relación entre las masas inercial y gravitacional. En 1964 esta duda se dispó con un alto grado de precisión. Los físicos estadounidenses Peter G. Roll, Robert V. Kortkov y Robert H. Dicke realizaron una serie de experimentos con un sistema muy sensible construido con esferas de aluminio y oro. De acuerdo con sus mediciones, las masas inercial y gravitacional coinciden en valor hasta una parte en cien mil millones. No obstante, para el propósito del presente artículo, basta decir que en la mecánica clásica el concepto de masa se debe considerar como primitivo, o sea, que no es posible derivarlo de alguna otra propiedad de la materia. Lo único que podemos hacer es medirla, que no es otra cosa que compararla con otra masa estándar.

## Relatividad

La primera señal de que la masa puede surgir de algo más fundamental vino del dominio de lo muy pequeño. Para la materia ordinaria manipulada en nuestra experiencia cotidiana o en un laboratorio químico, la masa de un objeto compuesto es igual a la suma de las masas de sus partes. Pero para la materia en escala atómica, los núcleos del átomo por ejemplo, cuando dos unidades se combinan en una sola, la masa del objeto compuesto es ligeramente menor que la suma de sus partes. El problema se resolvió con la teoría de la relatividad especial de Einstein: la masa no es una cantidad física conservada, depende del estado de movimiento del objeto y se puede transformar en diferentes tipos de energía. En cambio, la energía total de una partícula o de un sistema sí satisface una ley de conservación si incluimos no sólo la energía cinética, o de movimiento, la energía de interacción, o potencial, sino también la energía en reposo asociada a la masa del sistema de acuerdo con la superconocida ecuación  $E = mc^2$ .



Isaac Newton



Albert Einstein

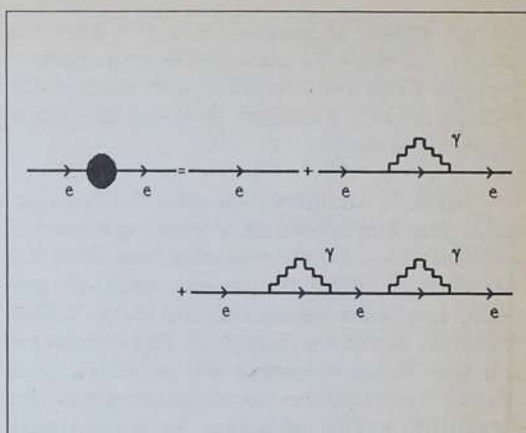
La pequeña diferencia de masa observada en la formación de núcleos o desintegración de partículas está asociada a una transformación de la masa en otro tipo de energía.

En su teoría general de la relatividad, Einstein postuló la equivalencia de la masa inercial y la masa gravitacional. De ello se sigue que la fuerza gravitacional sobre un objeto no es ahora proporcional a su masa, sino a su energía. Como consecuencia, esta teoría contempla la predicción —ya verificada durante los eclipses solares— de que el fotón, la partícula sin masa que resulta de la cuantización del campo electromagnético, es también atraído por el campo gravitacional. Sin embargo, aún con estos avances sobre la naturaleza de la masa, en ambas teorías de la relatividad la masa sigue utilizándose como un concepto primitivo.

## Electrodinámica

La posibilidad de que la masa de las partículas pudiera surgir de un proceso dinámico se originó en la electrodinámica clásica. A principios del presente siglo, el físico holandés Hendrik Lorentz consideró la autoenergía generada por el campo electromagnético como la fuente de la masa. Propuso un modelo muy sencillo del electrón formado por una esfera de radio  $a$  con una distribución de carga eléctrica distribuida de manera uniforme. Calculó la energía electromagnética generada por esta distribución de carga y la identificó con la masa del electrón:  $m = e^2/c^2a$ , donde  $e$  es la carga eléctrica y  $c$  la velocidad de la luz. Este resultado parece satisfactorio a primera vista, excepto por un pequeño problema: como el electrón parece no tener tamaño —lo único que sabemos es que su tamaño debe ser menor que  $10^{-16}\text{cm}$ —, la masa del electrón se haría infinita (diverge, en la terminología matemática) en el límite ideal de un radio puntual.

En la electrodinámica cuántica la situación mejora ligeramente. Esta teoría es el resultado de exigir que se satisfagan en forma simultánea para el electrón y su campo electromagnético (o los fotones) los principios de la relatividad especial, la

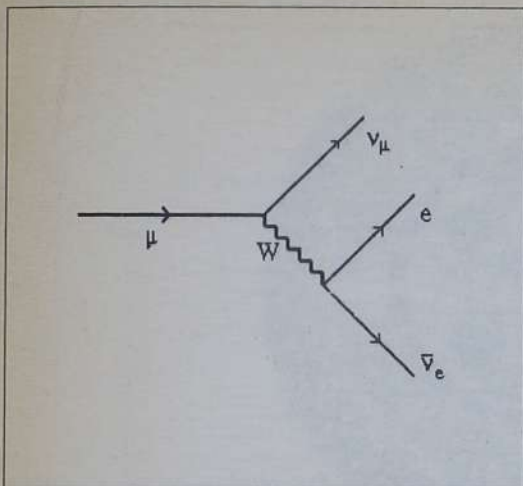


**Figura 1.** Diagramas de Feynman utilizados para calcular en una serie perturbativa la autoenergía del electrón ( $e$ ) inducida por emisión y absorción de fotones ( $\gamma$ ).

mecánica cuántica y las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético. Como resultado se obtiene la electrodinámica cuántica, una de las teorías más poderosas, en términos predictivos, que han podido construir los físicos. La masa del electrón en esta teoría se puede explicar también como la autoenergía que resulta de la interacción relativista del electrón con los fotones. En la figura 1 se muestra el desarrollo perturbativo involucrado en el cálculo de esta interacción como una emisión y absorción de fotones ( $\gamma$ ). El resultado que se obtiene ahora para la masa del electrón es  $m = m_0 (e^2/hc) \ln (h/m_0ca)$ , donde ahora  $m_0$  es la masa (desnuda y desconocida) del electrón en ausencia de interacciones y el radio del electrón  $a$  está asociado al inverso de una energía  $\Lambda$  que define la escala de energía de interacción del electrón con su propio campo electromagnético.

En este esquema se obtiene de nuevo una masa divergente (infinita) en el límite ideal del radio puntual para el electrón. No obstante, la novedad es que el grado de divergencia (logarítmica) es mucho más suave que en el caso clásico del modelo de Lorentz. Además, resulta que nuestro grado de ignorancia sobre la masa desnuda  $m_0$  y la escala de energía  $\Lambda$  se puede aprovechar en nuestro beneficio, dentro de un esquema matemático autoconsistente de renormalización,





**Figura 2.** Decaimiento  $\beta$  del muón ( $\mu$ ) en dos neutrinos ( $\nu_\mu$ ,  $\nu_e$ ) y un electrón ( $e$ ), inducido por el intercambio de un bosón vectorial  $W$ .

para absorber estas cantidades divergentes y mantener el poder predictivo de la teoría en términos de sólo cantidades físicas bien definidas (finitas). Sin embargo, el costo que se paga con ello es la pérdida de la predicción para la masa del electrón y en la electrodinámica cuántica volvemos a tenerla como un concepto primitivo.

## Mecanismo de Higgs

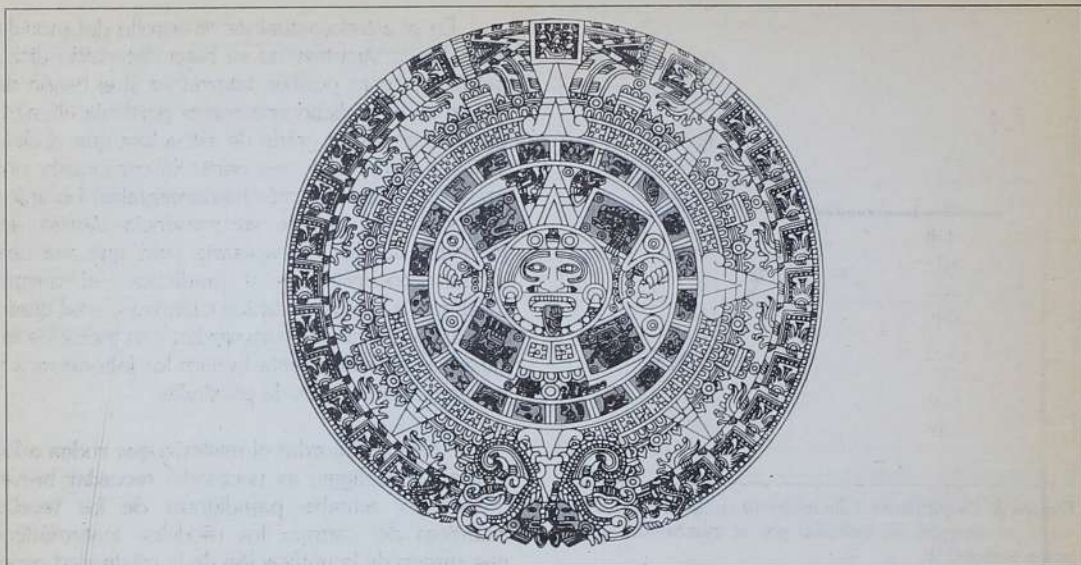
El modelo estándar de las interacciones electrodébiles introduce un mecanismo de generación de masas, conocido como mecanismo de Higgs, que resulta ser el primer intento exitoso en explicar la masa de las partículas elementales a partir de otros principios más básicos. En esencia, el modelo estándar predice que la masa de las partículas debe estar determinada por tres parámetros:  $m = \lambda gv$ , donde  $\lambda$  es una constante numérica asociada a grados de libertad internos de cada partícula,  $g$  es la constante de acoplamiento semidébil –y que ya está medida con mucha precisión a través del decaimiento  $\beta$  del muón, como se ilustra en la figura 2–, y  $v$  es una cantidad en unidades de energía asociada a la autointeracción de un nuevo tipo de partícula: el bosón de Higgs  $H$ .

En el estado actual de desarrollo del modelo estándar, y mientras no se haya detectado dicha partícula, no es posible determinar si el bosón de Higgs es en realidad una nueva partícula elemental –con el mismo grado de estructura que el electrón– o es tan sólo una partícula compuesta por otros constituyentes más fundamentales. Lo único que sabemos es que su presencia dentro del modelo estándar es necesaria para que sea una teoría autoconsistente y predictiva –al mismo nivel que la electrodinámica cuántica–, a tal grado que sus predicciones concuerdan con todos los resultados obtenidos hasta hoy en los laboratorios y grandes aceleradores de partículas.

Antes de abordar el misterio que rodea a los bosones de Higgs, es necesario recordar brevemente los actuales paradigmas de las teorías cuánticas del campo: los modelos matemáticos que surgen de la unificación de la relatividad especial y la mecánica cuántica, y de los cuales el modelo estándar y la electrodinámica cuántica son dos ejemplos particulares. Entre dichos paradigmas se encuentran el concepto de simetría, el principio de invariancia ante transformaciones de norma, el rompimiento espontáneo de la simetría y el proceso de renormalización.

## Simetrías

En el lenguaje de la física se dice que existe una simetría cuando se tiene una invariancia de una ley física con respecto de las transformaciones que actúan sobre los elementos que participan en ella. Por ejemplo, el campo de una carga eléctrica tiene simetría esférica porque las ecuaciones que lo describen son invariantes frente a rotaciones espaciales. Las simetrías pueden incluir transformaciones de naturaleza no geométrica, en cuyo caso se dice que son simetrías internas o globales como, por ejemplo, las asociadas a la conservación de la carga eléctrica. Si las transformaciones dependen de las coordenadas en el espacio-tiempo del punto donde se aplica, se dice que son simetrías locales. La simetría llamada de norma del modelo estándar pertenece a este último tipo.



**Figura 3.** Diseño esquemático del calendario azteca donde se muestran en regiones sombreadas las partes que rompen la simetría especular de la escultura.

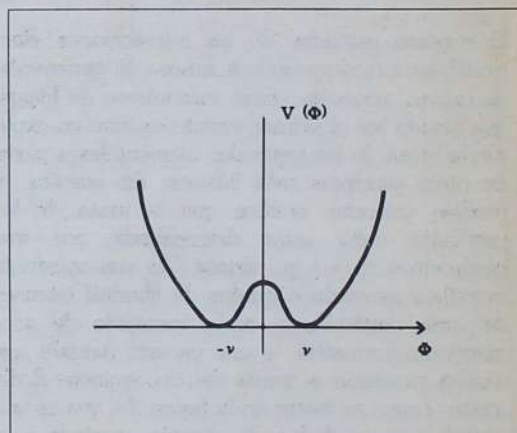
## Principio de norma

Las teorías que describen las interacciones entre las partículas elementales satisfacen dos propiedades fundamentales. (1) Se derivan de un principio geométrico asociado a la invariancia ante transformaciones de norma locales. Son transformaciones de norma porque no cambian la magnitud de las probabilidades de transición entre diferentes estados del sistema. (2) Este principio determina la dinámica del sistema, mediante las ecuaciones que lo describen. En particular, predice que los transmisores de la interacción son los bosones intermediarios o de norma: el fotón para la interacción electromagnética; los bosones  $W^+$  y  $Z^0$  para la interacción nuclear débil; los gluones para la interacción nuclear fuerte, y los gravitones para las interacciones gravitacionales.

## Rompimiento de la simetría

En el mundo real muy pocas simetrías (invariancias) se manifiestan en forma exacta. Sólo des-

pués de que se demostró que las simetrías pueden ser rotas en forma espontánea ha sido posible reconciliar la complejidad del mundo real con principios de simetría universales. La superconductividad y el ferromagnetismo son ejemplos de procesos donde se rompe espontáneamente la simetría. La base de este mecanismo está en que



**Figura 4.** Potencial de autointeracción del bosón de Higgs en el modelo estándar.

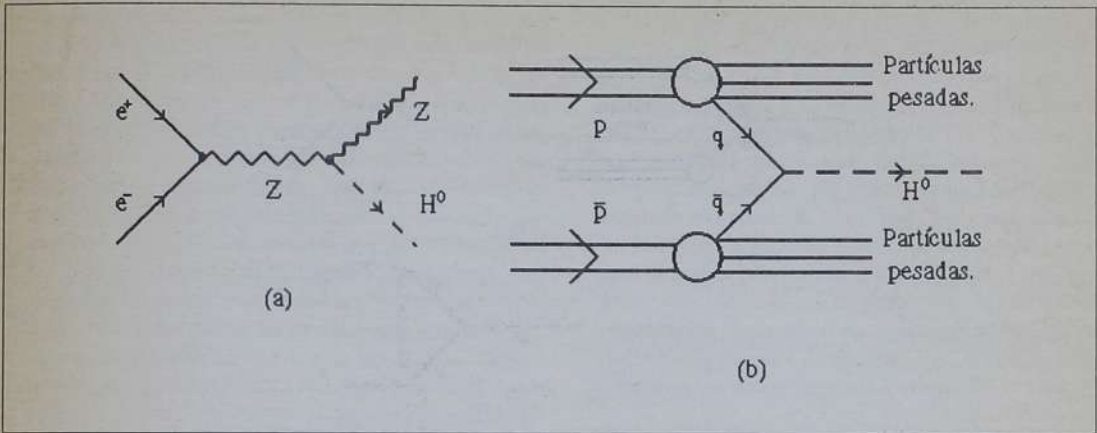
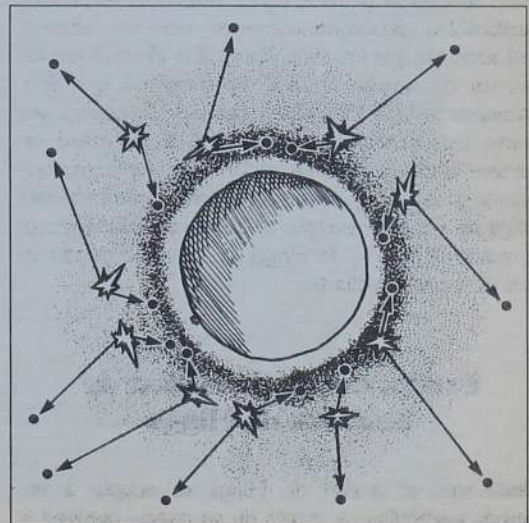


Figura 5. Procesos de producción de bosones de Higgs en colisionadores  $e^+e^-$  y pp.

la solución de un problema no necesita mostrar ningún trazo de la simetría de las ecuaciones originales. El ejemplo clásico es un imán (por ejemplo, la aguja de una brújula) para el cual las ecuaciones que describen el metal no distinguen una dirección preferente del espacio (son invariantes ante rotaciones): no obstante esto, el imán, que es una solución a estas ecuaciones, sí lo hace ya que su magnetismo apunta en una dirección definida.

Una forma más ilustrativa de apreciar el rompimiento de una simetría, en este caso ante reflexiones espaciales o simetría especular, se da en el diseño del calendario azteca mostrado en forma esquemática en la figura 3. En este caso la simetría ante reflexiones del eje vertical del calendario está rota en algunos detalles (los glifos de los meses, de las cuatro eras anteriores a la actual y de Tezcatipotla y Huitzilopoztli, las dos deidades que rematan las serpientes estilizadas en el perímetro del diseño), los cuales se muestran en la figura 3 sombreadas en medio tono. En palabras de T. D. Lee, Premio Nobel de Física de 1961, "el calendario azteca exhibe un patrón de simetría (especular) que, sin ser perfecto, aumenta la belleza y el poderío del orden cósmico que esta escultura representa". En el caso de las teorías de norma, la simetría original se rompe espontáneamente mediante el llamado mecanismo de Higgs. Se realiza partiendo de un campo  $\Phi$  indi-

ferente a la simetría interna del estado base o de mínima energía (Fig. 4). Para que la teoría resultante tenga sentido es necesario cambiar de estado base (pasar del punto  $\Phi = 0$  a  $\Phi = v$  en la figura 4), y como resultado se rompe la simetría especular de la Fig. 4 y se generan las masas de los fermiones y bosones de norma a través de la interacción del campo de Higgs con ellos mismos. De esta manera adquieren masa los bosones  $W^+$  y  $Z^0$  pero no el fotón; la interacción electromagnética sigue siendo de largo alcance mientras que la nuclear débil se transforma en una de corto



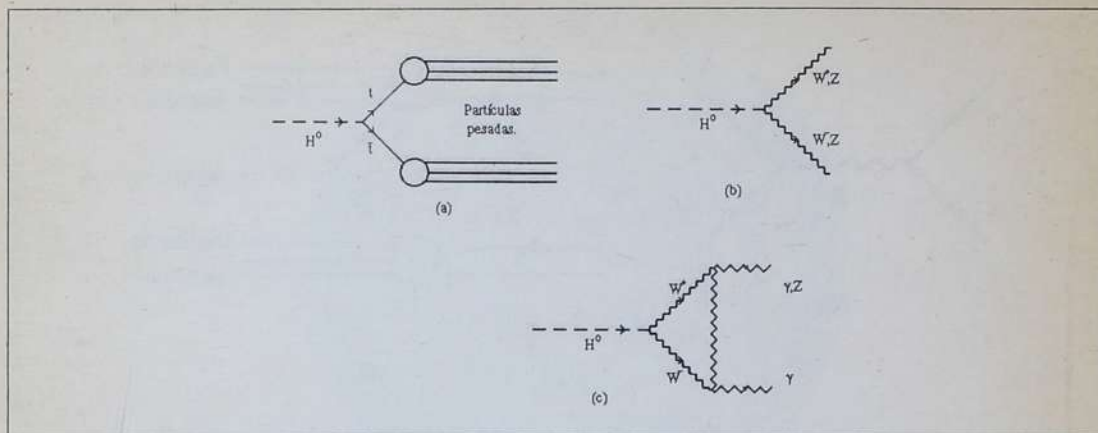


Figura 6. Principales procesos de decaimiento del bosón de Higgs.

alcance, determinado por el inverso de la masa del  $W^+$  y  $Z^0$  (del orden de  $10^{-15}$  metros).

## Renormalización

La descripción matemática de las teorías cuánticas de campo está plagada, en general, de divergencias. Se ha encontrado que sólo en un número muy reducido de teorías cuánticas del campo estas divergencias se pueden eliminar con el método denominado de renormalización. En estas teorías se pueden hacer predicciones finitas, verificables experimentalmente, con un número reducido de parámetros libres. En el caso de las teorías de norma locales, se encontró que únicamente las que describen campos de norma sin masa son renormalizables; pero si su masa se genera a través del mecanismo de Higgs, entonces se preserva la renormalizabilidad de la teoría original. Por este motivo es indispensable verificar si existe el bosón de Higgs H, que fue predicho por el modelo estándar.

## Producción y detección de bosones de Higgs

Dado que el bosón de Higgs se acopla a las demás partículas —a través de su masa— tenderá a

decaer principalmente en las partículas más pesadas que sean accesibles al valor específico de la masa del H. Se supone que su masa no es muy pequeña, pues de otra manera ya habría sido observado en los decaimientos de las partículas conocidas. De hecho, puede ser que el H se descubra simultáneamente con el quark pesado  $t$  —el único que falta por descubrir para completar el esquema de tres generaciones del modelo estándar y que parece ser más pesado que 100 GeV—. En la figura 5 se muestran dos de los procesos más probables de producción del H. En la figura 5(a) se muestra un proceso de aniquilación de haces de electrones y positrones —como sería el caso en el acelerador LEP (large electron-positron collider) del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, CERN, de Ginebra, Suiza—. En la figura 5(b) se muestra un proceso de producción a través de colisiones protón-antiprotón, como sería el caso en el acelerador norteamericano SSC —actualmente en la etapa inicial de construcción—, un supercolisionador superconductor.

En la figura 6 se muestran tres de los principales canales de decaimiento del H. El primero (figura 6(a)) involucra la producción de un par de quarks pesados  $t$ , que una vez producidos, tienden a generar chorros de partículas más ligeras (como piones, neutrones, etcétera) a través de las interacciones fuertes. Si la masa del H duplica la masa de los bosones  $W^+$  y  $Z$  (200 veces la masa del protón), entonces se desintegrará en un par

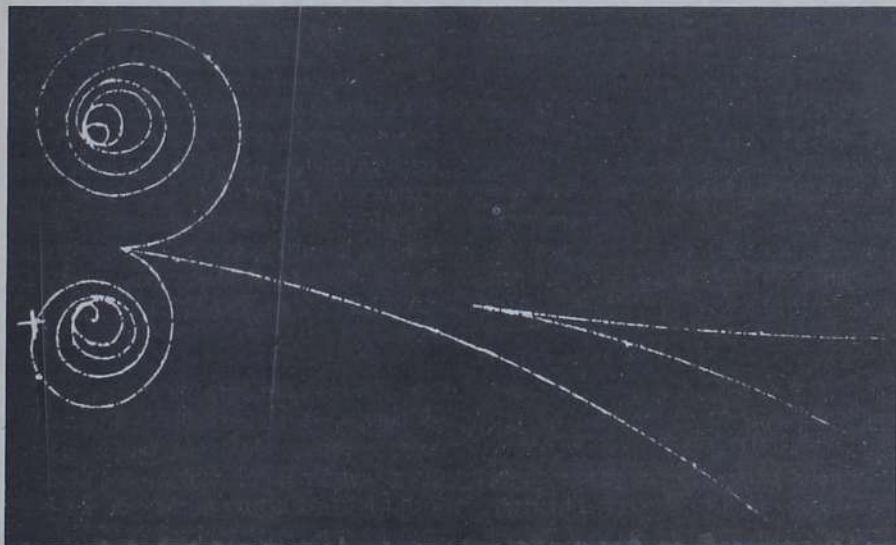
de este tipo de bosones (figura 6(b)). La dificultad radica en que todavía no contamos con aceleradores que puedan producir este tipo de bosón de Higgs. En la figura 6(c) se muestra el decaimiento del H en dos fotones o un par fotón-Z, que es inducido por un proceso más complejo, como se indica en la misma figura, que no ocurre en la aproximación más simple de la teoría. De acuerdo con esto, se espera que la probabilidad de que ocurra este decaimiento sea menor que la de los procesos mostrados en las figuras 6 (a) y 6 (b); no obstante, se ha encontrado que bajo determinadas condiciones, como las que se espera tengan los aceleradores LEP y SSC, se podrá detectar bosones de Higgs a través de estos decaimientos raros. Lo que ocurre es que la baja incidencia de este fenómeno se compensa fácilmente por lo claro de su señal experimental. Por ejemplo, en el modo de dos fotones es bastante sencillo detectar dos fotones coincidentes provenientes del mismo punto de producción, que tengan la misma energía (monocromática), bien definida y única que es igual a la mitad del valor de la masa del H.

Para concluir esta nota, conviene subrayar que el descubrimiento del bosón de Higgs H confirmará el modelo estándar de las interacciones

electrodébiles. Cualquier variación de la física esperada para los bosones de Higgs nos indicará la dirección en que tendremos que generalizar el modelo estándar. Incluso si el H no se produce en los futuros aceleradores como el LEP y el SSC, ya sea porque es más pesado que 850 veces la masa del protón o porque no exista en realidad, tendremos oportunidad de averiguar las características de fenómenos nuevos que ocurren a altas energías. Finalmente, estas interacciones nos revelarán también la naturaleza del rompimiento espontáneo de la simetría entre las interacciones electromagnéticas y débiles, y entonces nos aclararán las bases físicas del origen de la masa. ☼

## Bibliografía

1. J. L. Díaz Cruz, R. Martínez, M. A. Pérez y J. J. Toscano, *Rev. Mex. Fis.* **39**, 501 (1993).
2. J. Gunion, H. Haber, G. Kane y S. Dawson, *The Higgs Hunter's Guide* (Addison-Wesley, Reading, 1992).
3. T. D. Lee, *Symmetry principles in physics* (CINVESTAV, México, 1972).
4. Y. Nambu, *The Sciences*, may/june 1992, p. 37.
5. M. A. Pérez, *Inf. Cient. Tec.* **159**, 48 (1989).
6. M. A. Pérez y J. J. Toscano, *Phys. Lett.* **B289**, 281 (1992).



# XI ENCUENTRO DE INVESTIGACION BIOMEDICA

FACULTAD DE MEDICINA DE LA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

18 al 22 de Octubre de 1993, Edificio de la Nueva Biblioteca

Fecha límite de recepción de resúmenes: 31 de Agosto de 1993

Los trabajos que se presenten pueden participar en el Concurso del XI Encuentro si son enviados completos y de acuerdo a los requisitos de la convocatoria del mismo.

Fecha límite de recepción de trabajos: 31 de agosto de 1993

## Areas de Concurso:

- Ciencias Básicas y Desarrollo Tecnológico.
- Ciencias Clínicas y Salud Pública.
- Enfermería y Trabajo Social.
- Enseñanza y Administración Biomédica.

## PREMIOS:

- 1er. Lugar Diez mil nuevos pesos.
- 2o. Lugar Cinco mil nuevos pesos.
- 3er. Lugar Tres mil nuevos pesos.

INFORMES: Sub-Dirección de Investigación y Estudios de Post-Grado,  
Facultad de Medicina, U.A.N.L.  
Tel.: 48-57-81, 46-23-10 Fax: 48-59-81  
(Dr. Diego García Compeán o Srta. Patricia Bonilla).

*Perspectivas***De ciencia y tecnología y la lucha de *la bestia* y el buen salvaje****Feliciano Sánchez Sinencio****Conocimiento e información**

La fase de desarrollo social se puede caracterizar en diversas formas, abarcando desde la filosofía hasta la economía, desde la teología hasta la ética, desde las ciencias políticas hasta la antropología. Para el propósito de esta presentación, la Sociedad Moderna (la Sociedad Post-industrial) se considerará que tiene el conocimiento como la substancia primaria de todas sus actividades, en vez de las materias primas y el trabajo, de las so-

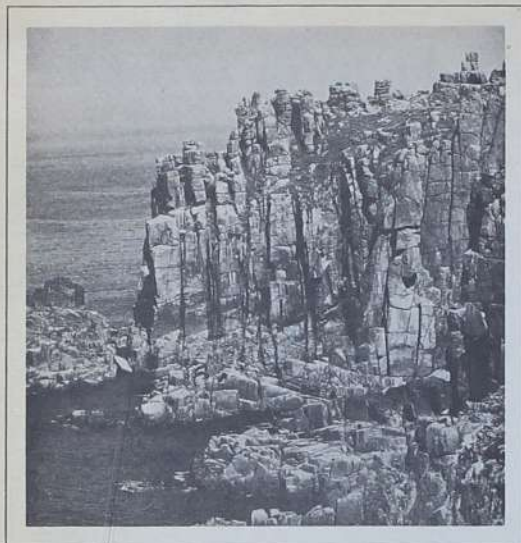
ciudades previas, y el procesamiento de información, su almacenamiento y flujo como la base no solamente de la tecnología, sino también de las actividades sociales en general entre naciones individuales y grupos de naciones.

Abordemos con un poco más de detalle la evolución de ambos: el conocimiento y la información, para resaltar las principales características necesarias y así entender su interacción con la libertad y la justicia.

De alguna forma el conocimiento y la información se puede considerar que se traslapan conceptualmente. Sin embargo, el correcto tratamiento epistemológico se da para ambos conceptos en una forma muy directa: el conocimiento es la substancia y la información es el procesamien-

---

El Dr. Feliciano Sánchez Sinencio es director general del Cinvestav. Este texto fue presentado en el Seminario Internacional Libertad y Justicia en las Sociedades Modernas, del 3 al 5 de junio, organizado por la Secretaría de Desarrollo Social.



to, almacenamiento y flujo del conocimiento de cualquier clase (lógico, físico, metafísico, sólo para usar una clasificación).

La evolución del conocimiento en estos tres aspectos no ha sido homogénea. Por ejemplo, el conocimiento lógico (como es el caso de la matemática) y el conocimiento físico se han incrementado dramáticamente a través de la historia de la civilización, pero no ha sido así en el caso del conocimiento metafísico (ética, teología, filosofía en general). Se ha observado que la ciencia y la tecnología han ido adelante de la moral y aún de las ciencias sociales, con resultados trágicos para la humanidad: las guerras, la destrucción del medio ambiente, de los seres humanos, como es el caso de las drogas, el crimen y la violencia.

La evolución del conocimiento (lógico y físico) puede medirse en términos de ciencia y tecnología en formas muy directas: número de recursos humanos en ciencia y tecnología, número de publicaciones a través de los tiempos. Por ejemplo, el número de científicos que se encuentran vivos actualmente es mayor que el número de todos los científicos que han fallecido desde el inicio de la historia de la civilización: sólo en los últimos cien años más o menos fue creado todo el conocimiento fundamental en todos los campos, con la excepción quizás de la mecánica clásica, en

donde gigantes como Galileo y Newton iluminaron los siglos por venir.

La evolución de la información, o mejor dicho, la ciencia de la información, puede dividirse en principio en dos grandes eras históricas: la primera tuvo lugar en tiempos arcaicos, primero con el invento de la comunicación por medio de la mímica, los sonidos y culminando con el habla y los símbolos escritos. Esto tomó miles de años, hasta que Gutenberg inventó la imprenta y después pasaron otros siglos hasta el invento de la comunicación telegráfica y telefónica hacia finales del siglo XIX. Sin embargo, el inicio de la formulación abstracta del concepto de información ya se estaba gestando en las mentes de científicos geniales como Boltzman a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. La información es lo contrario al caos y al desorden y Boltzman, Maxwell y otros trataron de entender cómo se podía medir el desorden en un sistema físico, que condujera a la mecánica estadística y la termodinámica. El célebre concepto de la entropía  $S$  fue introducido para medir el desorden y la evolución de sistemas reales y el llamado Segundo Principio de la Termodinámica fue establecido en tal forma que todos los procesos espontáneos naturales en un sistema aislado tienden a aumentar el desorden y, consecuentemente, la entropía. Pero ¿qué sucede con la vida? ¿Cómo es que una célula viviente, una bacteria, auto-organiza su compleja estructura? Aquí podemos ver la interacción entre conocimiento e información, procesamiento, almacenamiento y flujo: la bacteria extrae energía de su medio ambiente y, habiendo almacenado conocimiento en sus biomoléculas (DNA), es capaz de procesarlo, controlarlo y comunicarlo para llevar a cabo sus procesos vitales (crecimiento, multiplicación y reproducción). Lo contrario de la entropía  $S$  es la Negentropía o información  $I$ . Como es bien sabido se mide en bits, una forma binaria de contar la información. Otra vez, no podemos hacer aquí una descripción histórica de los eventos. Pero fue posible hacer el manejo de la información cuantitativamente y el sistema de procesamiento de información usando primero computadoras analógicas y después computadoras electrónicas digitales (Von Neumann). Esto ha sido quizás la más grande revolución en la historia de la civilización.



## Libertad y justicia

Pero, ¿qué tiene que hacer todo esto con la libertad y la justicia, que son conceptos morales abstractos?

La libertad conlleva el concepto de elección entre varias posibilidades de acción. Si no hubiera opciones de elección no habría necesidad de que existiera el concepto de libertad. Si un individuo no tiene conocimiento acerca de nada, no puede tener libertad, de hecho la libertad sería inútil o inexistente. Para tener conocimiento es obvio que es esencial que exista almacenamiento de información, procesamiento y flujo de comunicación. La libertad es la facultad de ejercer el libre albedrío bajo las restricciones del conocimiento y la información, y las limitaciones físicas y sociales. Resulta muy claro que el conocimiento y la información son ingredientes fundamentales para la libertad. Si cambia la disponibilidad de la cantidad o la calidad (muy importante) del conocimiento y la información, es claro que el grado de libertad también cambiará dinámicamente. Podemos decir entonces que el grado de libertad cambió drásticamente en la sociedad moderna debido a las opciones, calidad y cantidad, de conocimiento e información.

¿Qué pasa con la justicia? Desde luego que este es un tema mucho más difícil de discutir, porque se refiere a un conjunto de valores. En el caso de la ciencia o la lógica, cierto o errado (en las ciencias naturales) y verdadero o falso (en el caso de la lógica o las matemáticas), se puede valorar por medios empíricos naturales o convencionales. Pero en la ética lo bueno y lo malo (que son las contrapartes de cierto o errado, o verdadero o falso), son relativos a valores morales. En cierta forma, la ética está más cercana a las matemáticas que a las leyes físicas naturales. Así, la justicia tiene que vincularse con el conocimiento y la información en una manera diferente. Para poder impartir justicia en relación a un conjunto de valores, es necesario tener el más completo conocimiento sobre los eventos relacionados con la acción que se va a evaluar (como justa o no justa, por ejemplo). A este respecto, la información es fundamental y el vínculo

estará obviamente completo. Nuevamente, si hay progreso en el conocimiento y la información, la justicia puede ser más efectiva, en principio. Pero, por supuesto, siempre habrá la restricción de que la justicia es relativa a un conjunto de valores que pueden ser cambiados o impuestos por la sociedad.

Llegamos ahora al resumen de nuestras discusiones: existe una fuerte interacción entre libertad y justicia por un lado y, por el otro, entre conocimiento e información. Estos cuatro conceptos están entremezclados y son interdependientes, por lo que la conclusión es obvia: si hay cambios en la evolución del conocimiento y la información, cambiará también, si no el concepto, por lo menos la cantidad y la calidad de la justicia. A este respecto podemos decir que la máquina de vapor trajo más libertad a la humanidad que las ideologías abstractas, que el tiempo dedicado al descanso o al recreo (un aspecto importante de la libertad) se incrementó drásticamente con la automatización y las computadoras y que el sistema de información global por satélites aportó más conocimiento para la humanidad acerca de sí misma que cualquier otro sistema.

## Conclusiones

Después de las discusiones anteriores, estamos ya en la posición de contestar las preguntas básicas que nos fueron propuestas en estas conferencias:

¿Cuáles son las nuevas realidades que habrán de condicionar el debate económico y político? ¿Cuáles son los retos y las oportunidades que habrán de enfrentar nuestros conceptos de libertad y justicia?

Antes que nada, empecemos por dejar asentada nuestra posición filosófica de fe en el progreso de la ciencia y la educación como el camino seguro para mejorar la humanidad, no sólo materialmente, sino también éticamente. La ciencia se distingue de todos los otros esfuerzos humanos por el hecho de que tiene un avance continuo y progresivo; aún más, el progreso de la ciencia es proporcional a avances previos, esto es, que prác-

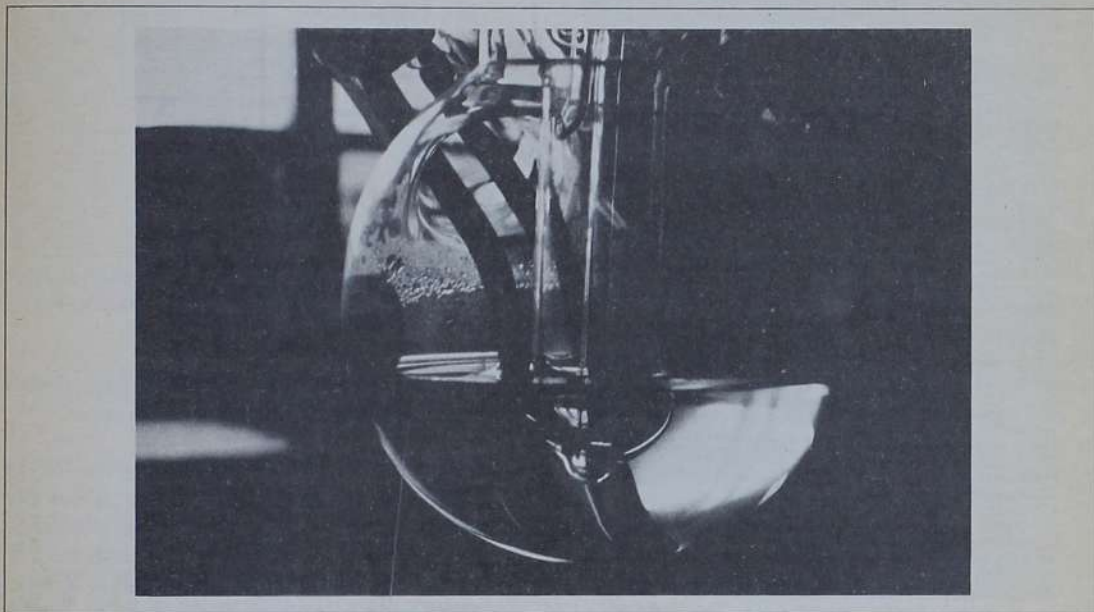


ticamente el conocimiento científico tiene un crecimiento exponencial y esto se ha deducido de los hechos en la historia de la civilización. Nosotros estamos parcialmente de acuerdo con que el progreso es un concepto en crisis, porque el progreso en la ciencia no necesariamente conlleva progreso moral o ético en la misma proporción de crecimiento. Pero de nuestras discusiones anteriores acerca del vínculo entre conocimiento e información, por un lado, y libertad y justicia por el otro lado, se sigue que no hay escape de la conclusión optimista que el progreso en la ciencia y la educación traerá más libertad y más justicia. ¿Habrà también más felicidad para el hombre? Pensamos que la libertad y la justicia, desde Platón hasta Bertrand Russell han sido consideradas también como atributos de la felicidad. Yo pienso que la discusión tiene también algo que ver con el viejo problema del *buen salvaje* de Rousseau y la *bestia natural* de Nietzsche, y pienso que el conocimiento y la información son los ingredientes necesarios para controlar la *bestia* y salvar al *buen salvaje*. ¿A quién le gustaría ser un esclavo en los tiempos de los egipcios o de los romanos? Por supuesto que un esclavo moderno tampoco es feliz, pero, y este es el punto central, el o ella tienen más oportunidades de compartir libertad y justicia porque el conocimiento, la información, la libertad y la justicia están acoplados en

un modo dinámico. Sería impensable pretender que la humanidad es menos libre ahora y más injusta con instituciones como Naciones Unidas, la Cruz Roja, Unicef y otras. Por supuesto que todavía existen hambre y guerras, pero éstas son evitables ahora y fueron inevitables en el pasado, porque había menos conocimiento e información sobre la agricultura, la nutrición, la salud, el control de las armas y el medio ambiente, y prácticamente de todos los beneficios importantes relacionados con la civilización. El gran debate de hoy y de mañana está relacionado no solamente con el progreso de la ciencia y la tecnología, sino con el debate económico, político e ideológico que puede resumirse en las siguientes preguntas:

¿El asunto no es ser o no ser, sino conjugar el verbo *ser* (social) o *tener* (ganancia)? ¿El asunto es ser más internacionalista o más nacionalista? ¿El asunto es *compartir* o *dominar*? En su libro *Head to Head*, Thurow hace énfasis en que el capitalismo en el siglo XXI puede cambiar de capitalismo financiero (individualista, sólo ganancias) a capitalismo social (comunitario). Esto viene al caso debido a la existencia de bloques (Japón, Europa y Estados Unidos) y a la necesidad de tener actividades cooperativas económicas regionales, no nacionalistas. Estas son las nuevas realidades que condicionarán el debate económico y político. Ahora estamos viendo no solamente la caída del Imperio Soviético, sino también la sustitución de los Estados Unidos como el único imperio económico, por la existencia de tres grandes bloques con características completamente diversas (los bloques de Japón, Europa y Estados Unidos). Los Estados Unidos tendrán que adaptarse a una nueva forma de capitalismo comunitario en un mundo multipolar. Esto también traerá más libertad y más justicia no solamente para los individuos, sino también para las sociedades como un todo.

Por supuesto que el *buen salvaje* y la *bestia* tienen diferentes respuestas a estas preguntas. Tenemos, sin embargo, la esperanza de que el *buen salvaje* tenga una mejor oportunidad de sobrevivir que la *bestia* porque, después de todo, el *buen salvaje* se puede obtener a partir de una *bestia* a la que se le pueden impartir conocimientos y educación. ❁

*Avances de ciencia y tecnología***Cultivos microbianos de alta densidad:  
reciclo de microorganismos**

**Antonio R. Navarro**

**Procesos fermentativos**

Una de las áreas más sobresalientes de la biotecnología, por sus descubrimientos y su potencialidad, es la ingeniería genética y de alta velocidad de producción. A fin de crear condiciones óptimas de trabajo para estos microorganismos, ha sido necesario mejorar la tecnología y el estudio de nuevos sistemas de fermentaciones.

---

El Dr. Antonio R. Navarro, maestro en ciencias (Biotecnología) egresado del Cinvestav y doctor en ciencias (Bioquímica) de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, es profesor asociado de esta última universidad e investigador de CONICET, Casilla de correo 90, Suc. 2, San Miguel de Tucumán, Argentina. Su campo de interés es la microbiología industrial.

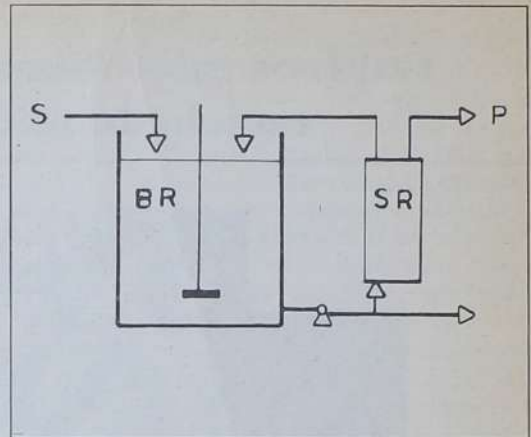
Entre las variables importantes para evaluar el comportamiento de un proceso fermentativo está la productividad y el coeficiente económico; este último parámetro relaciona la masa celular o producto obtenido con la cantidad total de sustrato introducido al fermentador. La productividad es la cantidad de producto que se obtiene por unidad de tiempo y de volumen de reactor, permite valorar bioreactores o fermentadores, y sirve para optimizar las condiciones de trabajo de un reactor. En aquellos productos de bajo costo, y que se obtienen en grandes cantidades, la productividad del reactor juega un papel importante en determinar la economía del proceso.

En fermentaciones en lotes, la productividad se calcula dividiendo la concentración del producto por el tiempo total del proceso, que in-

cluye, no sólo el tiempo de fermentación, sino también el tiempo requerido para llenar, vaciar, lavar y esterilizar el fermentador. La productividad es directamente proporcional a la concentración de microorganismos, por lo que siempre es deseable trabajar con cultivos de alta densidad celular.

En un proceso continuo, donde el flujo de alimentación y el de salida del reactor son iguales, continuos y constantes, la productividad se calcula multiplicando la velocidad de dilución  $D$  (velocidad de flujo por unidad de volumen del reactor) por la concentración de producto. Cuando un sistema continuo está en estado estacionario, es decir, cuando las variables se hacen independientes del tiempo, la velocidad específica de crecimiento  $\mu$  es igual a  $D$ . Por lo tanto, si aumentamos  $D$  aumenta  $\mu$  y también la productividad; la limitación que tiene el sistema continuo convencional es que no se puede trabajar con valores de  $D$  mayores que la velocidad máxima de crecimiento, pues se produce el lavado del fermentador, es decir la pérdida de los microorganismos.

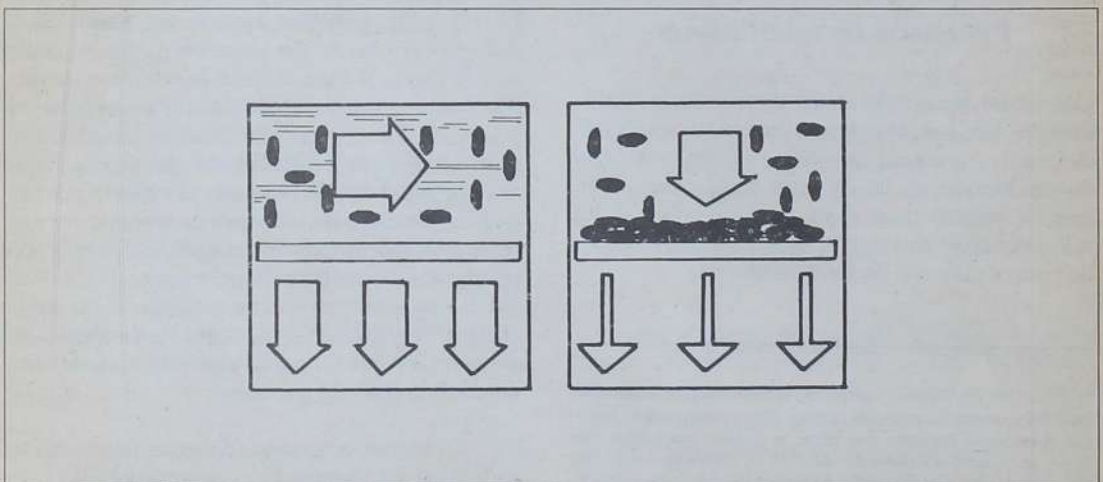
Para poder trabajar con valores altos de  $D$ , sin que se produzca el lavado, se han desarrollado métodos para lograr elementos inmobilizados, como células localizadas o retenidas en un lugar



**Figura 1.** Esquema de un fermentador con reciclo, biorreactor (BR), sistema de reciclo (SR), sustrato (S), producto (P).

definido del espacio, que conservan su actividad catalítica y pueden ser utilizadas varias veces.

Para retener los microorganismos dentro del reactor se pueden fijar a un soporte, ya sea por oclusión o adsorción, aprovechar la propiedad de floculación que tienen algunos o separar los microorganismos del efluente y devolverlos al reactor, proceso que se denomina reciclo de microorganismos (RM) y se esquematiza en la Fig. 1. El



**Figura 2.** (a) Filtración de flujo tangencial; (b) filtración convencional.

reciclo de microorganismos provee un medio para inocular continuamente el reactor. Este modo de operación permite trabajar en estado estacionario con una concentración mayor de células que en el sistema continuo convencional<sup>1</sup>.

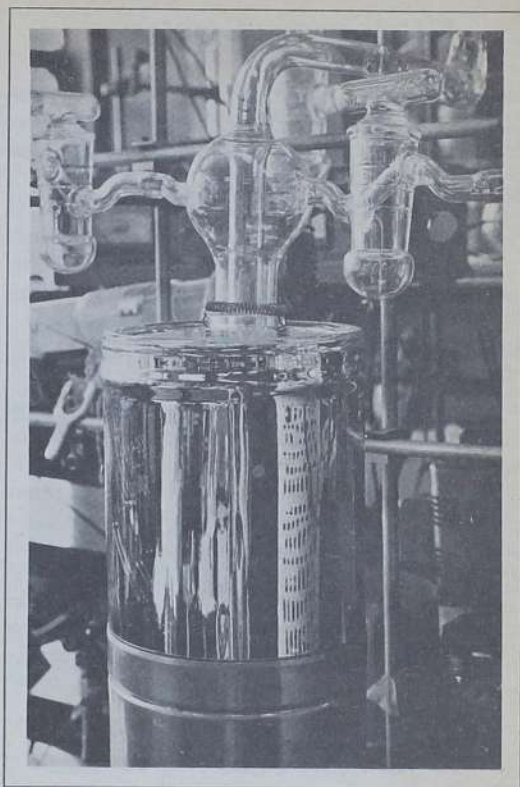
El RM puede hacerse con una centrífuga o por microfiltración: también se puede usar la sedimentación, que es muy barata de operar, pero está limitada a aquellas células que sedimentan fácilmente (por ejemplo, células animales y vegetales y microorganismos floculantes). Algunas industrias utilizan centrifugación. Sin embargo, puesto que las centrifugas tienen altas complejidad y costo, a menudo producen un sobrenadante turbio y requieren altos valores de fuerzas gravitacionales y pueden crear aerosoles.

### Filtración tangencial

La retención de microorganismos por microfiltración de flujo tangencial con membranas filtrantes es en la actualidad uno de los métodos más prometedores para ser utilizados en el reciclo de microorganismos. En la filtración convencional la dirección del flujo es perpendicular a la superficie de filtración y resulta en la acumulación de material retenido en la superficie del filtro (Fig. 2). El material retenido actúa como filtro secundario, el cual posee propiedades independientes a los del filtro. A medida que se acumula material en la superficie del filtro se observa una reducción en el caudal del filtrado.

En la filtración tangencial la dirección del flujo es paralela a la superficie del filtro, parte de la fase líquida atraviesa el filtro mientras la fase sólida es arrastrada con el flujo. Esto reduce sensiblemente la cantidad de material retenido en la superficie del filtro y permite mantener altos valores del caudal por tiempos prolongados.

Muchos modelos matemáticos se han propuesto para explicar el rendimiento de los filtros de flujo tangencial, siguiendo la acumulación de un determinado material sobre la superficie del filtro: dinámica de fluidos, dinámica de formación de la torta, traslado inercial de partículas debido al



flujo de Poseville, modelo de flujo sólido y el modelo de polarización de gel. Cada uno de estos modelos ha sido usado para describir diferentes condiciones y hoy existe poco acuerdo sobre cuál modelo predice mejor el filtrado de una suspensión bacteriana a través de un filtro tangencial. Sin embargo, el modelo de polarización de gel parece ser el más ampliamente aceptado. Una importante predicción de este modelo es que el volumen de filtrado disminuye linealmente con el logaritmo natural de la concentración de biomasa. Por lo tanto, incrementos relativamente grandes en la concentración de biomasa tendrán un pequeño efecto sobre la eficiencia de filtración. Esto hace que la filtración con flujo tangencial sea particularmente atractiva como medio para reciclar biomasa. Los filtros tangenciales permiten operaciones por tiempos prolongados y facilitan el retorno de los microorganismos al reactor en condición aséptica, como la posibilidad de limpiar el filtro *in situ*, sin necesidad de desarmarlo.

## Sistemas de membranas

Existen tres tipos de filtración tangencial por membranas: microfiltración (MF), ultrafiltración (UF) y ósmosis reversa (OR). Los tres tipos de membranas separan partículas en base a exclusión por tamaño y se clasifican de acuerdo al tamaño de sus poros. Las membranas MF poseen poros de una medida que oscila entre 1 y 10  $\mu\text{m}$ ; las membranas UF entre 0,001 y 0,05  $\mu\text{m}$  y las membranas OR entre 0.5 y 1nm. Los poros del filtro OR permiten la retención de iones y se pueden separar algunos componentes del medio de fermentación y productos metabólicos. Este tipo de filtro no se utiliza para separar suspensiones celulares, el uso primario de las membranas OR es la purificación de agua. Las membranas UF y MF han sido exclusivamente utilizadas para la separación de suspensiones celulares. Existen dos tipos de estas membranas: isotrópicas y anisotrópicas (Fig. 3). Las primeras son las más antiguas, poseen una estructura uniforme y actúan como filtros profundos, es decir, retienen las partículas en el seno de su estructura.

Las membranas anisotrópicas constan de 2 capas, una extremadamente delgada (generalmente  $<1\mu\text{m}$ ) con una muy alta selectividad, y la otra más gruesa (20  $\mu\text{m}$  a 1 mm) con una estructura abierta. En contrastaste con el diseño de las membranas isotrópicas, las membranas anisotrópicas no actúan como filtros profundos, sino que separan las partículas sobre la superficie de la membrana, donde es muy fácil de ser removida. Por esta razón y puesto que por este diseño es improbable que haya crecimiento celular dentro del filtro, con daño o ruptura, este tipo de filtro es preferido para su aplicación en sistemas de filtración tangencial.

Las membranas UF y MP pueden ser fabricadas de distintos materiales: celulosa, nylon, P.V.C., polietileno, metal y cerámica. La razón de desarrollar membranas de varios materiales es superar las limitaciones de resistencia mecánica, estabilidad térmica y química. Las membranas de cerámica y metal tienen la ventaja de ser resistentes a sucesivas esterilizaciones con vapor y

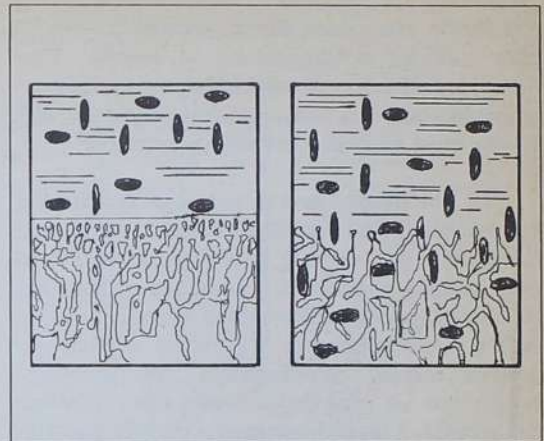


Figura 3. (a) Estructuras anisotrópicas; (b) estructuras isotrópicas.

poseen una gran durabilidad y resistencia mecánica.

## Reciclo de microorganismos

El uso de un sistema de reciclo de microorganismos en un biorreactor permite incrementar la concentración de células y aumentar la velocidad de fermentación. El incremento será  $\alpha$  veces, donde  $\alpha$  es el factor de concentración. Esto es útil cuando el sustrato limitante está inevitablemente diluido, por ejemplo, en la purificación de efluentes, o bien cuando el sustrato tiene baja solubilidad. Un factor de concentración 100 es posible en la purificación de aguas fecales. El sistema también es ventajoso cuando la concentración del sustrato de crecimiento limitante no puede ser alto, debido a la formación de un producto inhibitorio.

El reciclo de células se utiliza rutinariamente en los procesos de tratamiento aeróbico y anaeróbico de residuos, como medio para permitir el incremento en la velocidad del tratamiento y proveer estabilidad al sistema. El primer proceso continuo de fermentación con reciclo fue diseñado por Herbert<sup>2</sup> en 1961.

Sistemas de reciclo con biorreactores de membrana han sido ampliamente investigados

para la producción de etanol<sup>3</sup>. Esta técnica no aumenta la eficiencia de conversión de azúcar a alcohol, pero reduce el tiempo requerido para completar la fermentación de cada lote entre el 60 y 70% respecto al batch tradicional. Margaritis y Wilke<sup>4</sup> usaron un reactor equipado con membrana para separar las levaduras del medio. También se utilizaron para la producción de ácido láctico<sup>5</sup>, ácido cítrico<sup>6</sup>, 2,3-butanodiol<sup>7</sup> y ácido acético<sup>8</sup>.

En cultivos aeróbicos el sistema de reciclo es el mismo que en cultivos anaeróbicos<sup>9</sup>, pero el problema es cómo proveer la cantidad de oxígeno necesario para cubrir su demanda, especialmente teniendo en cuenta que se trata de cultivos de alta densidad celular. Células vegetales y animales tienen mayor posibilidad de éxito en reactores de membranas, debido al ambiente protector del reactor y al pequeño consumo de oxígeno de esas células.

Cuando un sistema de fermentación con reciclo llega a su estado estacionario con alta densidad de microorganismos, su velocidad de crecimiento se hace muy baja; este efecto puede ser utilizado como una ventaja cuando se trabaja con organismos mutantes. El mayor problema asociado con el uso de organismos mutantes es la reversión de la cepa a su estado original o salvaje. Generalmente la cepa mutante tiene una velocidad de crecimiento menor que la cepa que le dio origen. Esto hace que cuando se produce la reversión, la cepa original supere rápidamente en número a la mutante y ésta tienda a desaparecer.

La inestabilidad de los microorganismos mutantes lleva a evitar el uso de sistemas continuos convencionales y a utilizar el sistema de lote alimentado; sin embargo, este sistema está limitado por la acumulación de productos tóxicos. Un problema similar sucede cuando se trabaja con microorganismos recombinantes, donde la pérdida de plásmidos resulta en una caída de la productividad y el retorno es una función del número de divisiones celulares; el sistema de reciclo de biomasa puede incrementar la estabilidad de la fermentación.<sup>9</sup>

## Conclusiones

Los bioreactores con sistema de reciclo son una alternativa válida para ser aplicados en la industria fermentativa y mejorar el rendimiento de los procesos, especialmente en aquellos casos en que es necesario lograr que el microorganismo trabaje con una velocidad de crecimiento baja.

En el caso de utilizar membranas en el sistema de reciclo, hay que encontrar soluciones que permitan la utilización de sustratos industriales. En muchos casos es necesario un pretratamiento del sustrato, a fin de evitar problemas en la filtración.

La ventaja de los bioreactores de membrana es que permite la separación del producto *in situ* y un fácil aislamiento de fases por extracción con solvente. La desventaja es que hay limitaciones con la esterilización y dificultades para proveer oxígeno al sistema en las fermentaciones aeróbicas.

Un hecho importante en los bioreactores con reciclo es que, al poder separar el tiempo de retención de sólidos del tiempo de retención hidráulico, se puede modificar la velocidad de dilución en forma independiente de la velocidad de crecimiento. ❁

## Notas

1. G. Hamer, *Biotech. Bioeng.* **24**, 511 (1982).
2. D. Herbert, *Continuous culture monograph.* **12**, 21 (1961).
3. M. Karel et al., *Appl. Microbiol. Biotech.* **34**, 469 (1991).
4. A. Margaritis y C. Wilke, *Biotech. Bioeng.* **20**, 727 (1978).
5. I.D. Enzinger, y J.A. Asenjo, *Biotech. Lett.* **8**, 7 (1986).
6. A.P. Zeng, H. Biebl, y W.S. Deckwer. *Appl. Microbiol. biotech.* **34**, 463 (1991).
7. Y.S. Park, et al., *Biotech. Bioeng.* **33**, 918 (1989).
8. T.B. Vick Roy et al., *Biotech. Lett.* **5**, 665 (1983).
9. H. Chang, Y.S. Furusaki, *Adv. Bioch. Eng.* **44**, 27 (1991).

# V CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACION EN SALUD PUBLICA II CONGRESO REGIONAL DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA

24-26 de enero, 1994  
Cuernavaca, Morelos, México

## CONVOCATORIA

### ACTIVIDADES

Conferencia magistral; simposia (biomedicina, economía de la salud, epidemiología, salud y ambiente, entre otros), mesas redondas, talleres, trabajos libres y exposición de carteles.

### PRESENTACION DE TRABAJOS LIBRES EN:

Salud ambiental  
Salud y desarrollo  
Sistemas de salud  
Salud de la mujer y el niño  
Salud de los trabajadores  
Enfermedades infecciosas  
Formación de recursos humanos

#### COMITE ORGANIZADOR

Francisco J. López Antuñano  
Roger Detels  
Myriam Debert-Ribeiro  
Raúl N. Ondarza  
Lucero Rodríguez C.

#### MAYOR INFORMACION:

Instituto Nacional de Salud Pública  
Avenida Universidad 655,  
Col. Sta. María Ahuacatlán,  
62508 Cuernavaca, Morelos, México  
Tels. (91-73) 11-0111,  
Exts. 2484, 2577 y 2301.  
Fax: 17-5485

### Inscripciones

Costo: N\$300.00 (US100.00)

25 % de descuento antes del 30 de noviembre de 1993





## noticias del centro

### *Dos proyectos del DIE ganan el concurso de nuevos libros de texto de la SEP*



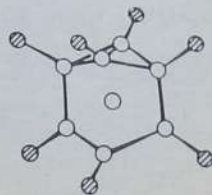
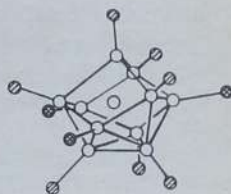
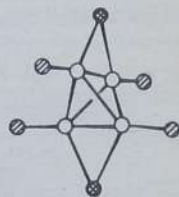
Integrantes de los proyectos ganadores.

Dos proyectos formulados por equipos de investigadores del Departamento de Investigaciones Educativas (DIE) del Cinvestav obtuvieron el primer lugar en el concurso convocado por la Secretaría de Educación Pública para los nuevos libros de texto gratuitos. El primer equipo estuvo coordinado por el M. en C. David Block y la M. en C. Irma Fuenlabrada, ambos investigadores del DIE, y además participaron como autores la M. en C. Alicia Carbajal, maestra comisionada en el DIE por la Universidad Pedagógica Nacional, y la Lic. Patricia Martínez, estudiante del programa de maestría del mismo DIE. Como colaborador participó también el pedagogo L. Ortega, estudiante de maestría del DIE y maestro comisionado de la Dirección General de Educación Primaria y de la Dirección General de Educación Especial de la SEP. Su proyecto premiado fue sobre el libro de Matemáticas para el alumno correspondiente al 1er. grado de primaria.

El segundo proyecto premiado fue para el libro de Español correspondiente al quinto grado de primaria y fue coordinado por la M. en C. Laura Elena Navarro, investigadora del DIE, y participaron Celia Díaz Argüero, Miguel Ángel Vargas y María del Carmen Larios. El monto de cada premio fue de N\$500 mil nuevos pesos.

### Notas breves

El **Ing. Jorge Suárez Díaz**, investigador titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, fue nombrado Investigador Emérito de Sistema Nacional de Investigadores (SNI) el pasado 7 de junio. Esta distinción la pueden recibir los Investigadores Nacionales Nivel III de 60 o más años de edad, con dos renovaciones consecutivas e inmediatas en dicho nivel III, con extensa y relevante labor científica y que hayan sido propuestos por tres o más investigadores nacionales del mismo nivel.



Los libros premiados empezarán a ser utilizados en el ciclo escolar 1993-1994.

### *Se integran las comisiones dictaminadoras del SNI*

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) renovó el presente año una fracción de sus cuatro comisiones dictaminadoras. De los 36 investigadores nombrados en estas comisiones, cinco son profesores del Cinvestav. A continuación se citan los miembros de cada comisión, los de nuevo ingreso se indican con asterisco, incluyendo las siglas de su institución de adscripción y su campo de investigación.

#### *Area I (ciencias físico-matemáticas)*

- Jorge Rickards Campbell, IF-UNAM, técnicas nucleares  
 Cinna Lomnitz, IG-UNAM, geofísica  
 Feliciano Sánchez Sinencio, CINVESTAV, física experimental  
 Ma. de Carmen Cisneros, IF-UNAM, física atómica  
 José Luis Morán López, IF-UASLP, física de sólidos  
 Luis F. Rodríguez Jorge, IA-UNAM, astronomía  
 Shri Krishna Singh Singh\*, IG-UNAM, geofísica  
 Francisco Javier González Acuña\*, IM-UNAM, topología  
 Ernesto Alejandro Lacomba Zamora\*, UAM-I, matemáticas

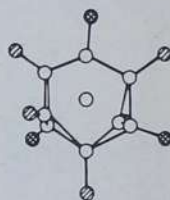
#### *Area II (ciencias biológicas, biomédicas y químicas)*

- Estela Sánchez Quintanar, FQ-UNAM, bioquímica  
 Ricardo Tapia, IF-UNAM, neurociencias  
 Sergio Fuentes Moyado, IF-UNAM, fisicoquímica  
 Ruy Perez Tamayo, FM-UNAM, patología  
 Marcelino Cerejido, CINVESTAV, fisiología  
 Gregorio Gómez Palacios, INN, endocrinología  
 Carlos R. Vazquez Yáñez\*, CE-UNAM, ecología vegetal  
 Rafael Palacios L.\*, CIFN-UNAM, genética  
 Isaura Meza Gómez Palacios\*, CINVESTAV, biología celular

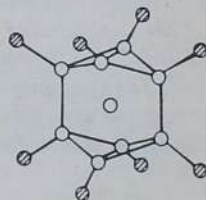
#### *Area III (ciencias sociales y humanidades)*

- Orlandina de Oliveira, COLMEX, sociología  
 Marcos Kaplan Efron, IH-UNAM, derecho  
 Alvaro Matute, IH-UNAM, historia  
 José Luis Reyna, COLMEX, sociología

El **Dr. David Armando Contreras Solorio**, egresado del programa de maestría del Departamento de Física del Cinvestav, fue nombrado director de la Escuela de Física de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Esta escuela fue inaugurada en 1987 y cuenta con una planta de 10 profesores de tiempo completo y una matrícula de 55 estudiantes en su programa de licenciatura en física.



La **Dra. María de Ibarrola**, investigadora titular del Departamento de Investigaciones Educativas del DIE, fue nombrada directora de la Fundación SNTe para la Cultura del Maestro.



Luis F. Aguilar Villanueva, COLMEX, ciencia política

Luis Villoro Toranzo, IIF-UNAM, filosofía

Santiago Genovés Tarazaga\*, IIA-UNAM, antropología

Juan Miguel Lope Blanch\*, FFL-UNAM, lingüística

Pablo Latapi Sarre\*, CREAFLA, política educativa

#### *Area IV (ingeniería y tecnología)*

Claudio Firmani Clementi, CI-UNAM, instrumentación

Armando Shimada Miyasaka, INI-FAP, zootecnia

Octavio Paredes López, UI-CINVESTAV, biotecnología

Fernando Alba Andrade, IF-UNAM, instrumentación

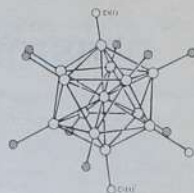
Leobardo Jiménez Sánchez, CP-UCH, agronomía

Rigoberto García Cantú, CINVESTAV, metrología

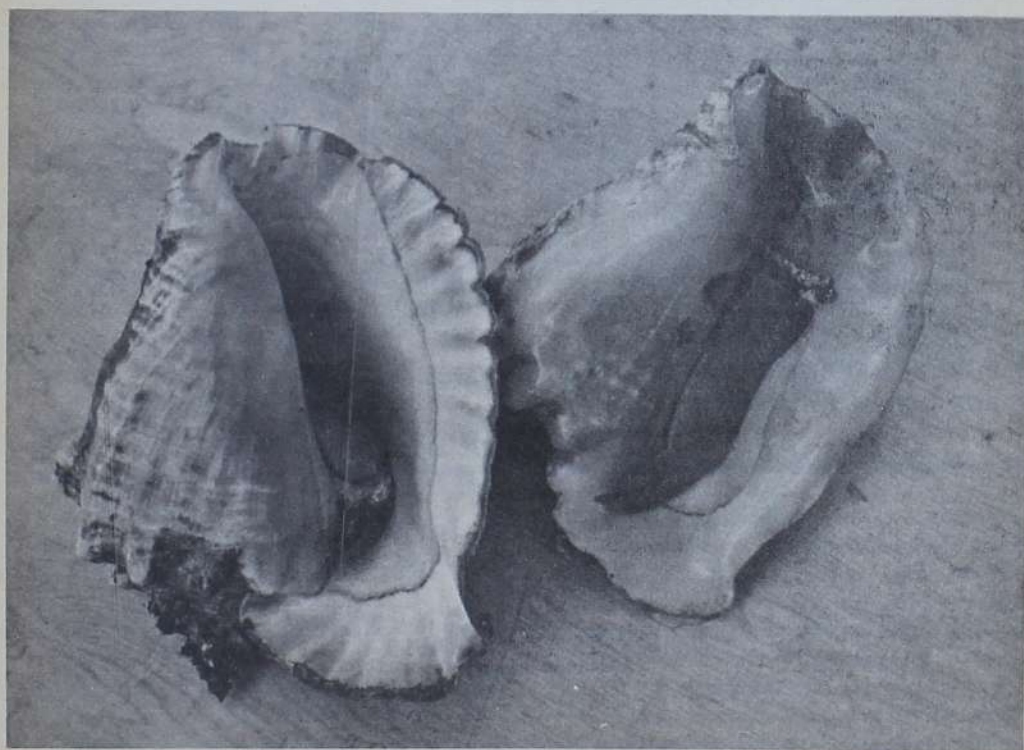
Francisco Sánchez Sesma\*, II-UNAM, ingeniería civil

Roberto Escudero Derat\*, IIM-UNAM, ciencia de materiales

Lorenzo Martínez Gómez\*, IF-UNAM, metalurgia



**Fe de erratas:** La fotografía de la portada del número correspondiente a marzo-abril de 1993 de *Avance y Perspectiva* incluye ejemplares del caracol rosa *Strombus gigas* y no del caracol rojo *Pleuroploca gigantea* como se había especificado. Ambos tipos de caracoles viven en las aguas de arrecife Alacranes y son especies en peligro de extinción.



# IV TALLER DE PARTICULAS Y CAMPOS

Mérida, Yuc., 25 al 29 de Octubre de 1993  
CINVESTAV-IPN  
Unidad Mérida

## DIVISION DE PARTICULAS Y CAMPOS

Sociedad Mexicana de Física

### CURSOS INVITADOS

#### Fenomenología de partículas

- **Técnicas experimentales en física de partículas**

Gerardo Herrera, CINVESTAV-IPN

Carlos Hojvat, Fermilab

Marleigh Sheaff, Univ. Wisconsin/Fermilab

- **Lagrangianos efectivos**

José Wudka, Univ. California, Riverside

- **QCD perturbativa**

Francisco J. Yndurain, Univ. Autónoma de Madrid

#### Teoría de campos

- **Gravedad canónica**

Ricardo Capovilla, CINVESTAV-IPN

- **Representaciones de lazos en teorías de norma y gravedad cuántica**

Rodolfo Gambini, Univ. de la República, Uruguay

- **Defectos topológicos en teorías cuánticas de campos**

Manuel Torres, IF-UNAM

---

#### Mayor información:

Rodrigo Huerta,  
Unidad Mérida-CINVESTAV, Tel: (99) 26 05 45, 26 03 99

Fax: (99) 27 81 44

Luis Urrutia,

ICN-UNAM, Tel: 622 46 72 (73), FAX: 548 45 69

Miguel Angel Pérez Angón,

CINVESTAV, Tel/Fax: 754 64 76

*Documentos*

## Necesitamos más y mejor ciencia

*Texto presentado en la ceremonia de entrega de la Presea Lazaro Cárdenas, 17 de mayo de 1993, residencia oficial de Los Pinos.*

### Octavio Paredes López

En representación de los que hoy recibimos la máxima distinción que otorga el Instituto Politécnico Nacional (IPN), me es grato transmitir a ustedes nuestra gratitud no sólo por este valioso reconocimiento, que nos estimula a realizar con mayor entusiasmo nuestra labor dentro de la comunidad politécnica y de la sociedad en general, sino también por habernos formado en el IPN bajo la generosidad del pueblo mexicano.

Usted, señor Presidente, ha expresado el papel de liderazgo del IPN para incorporar al desarrollo de la nación los cambios científicos y tecnológicos que se están dando en el mundo, a fin de hacer que la modernización del país sea una realidad. Es innegable que después de impresionantes desarrollos técnicos en el IPN durante las primeras décadas de su vida, cayó después en algunos rezagos que ahora, no cabe duda, bajo la guía de su director general, el C.P. Oscar Joffre, se están corrigiendo. Este nuevo IPN vigorizado habrá de participar de manera más eficiente ante los retos y oportunidades que trae consigo el Tratado de Libre Comercio.

México no se debe sustraer, no se puede sustraer, a la circunstancia histórica mundial que reclama una modernización en todos los órdenes de la vida, una disposición de ánimo y una autocrítica más elevadas, un diseño más perfecto, un proyecto cultural más vasto, pero no por ello



menos profundo. Estas circunstancias nos ponen también junto a sociedades con las que no siempre ha predominado una relación cordial y justa. Es en estas condiciones cuando necesitamos una mayor fortaleza de nuestra sociedad con su natural pluralidad y diversidad de voces para aprovechar en forma estructurada y ordenada las oportunidades que también traen consigo estas nuevas asociaciones comerciales.

Debe ser difícil definir prioridades de un país con los requerimientos y desigualdades del nues-

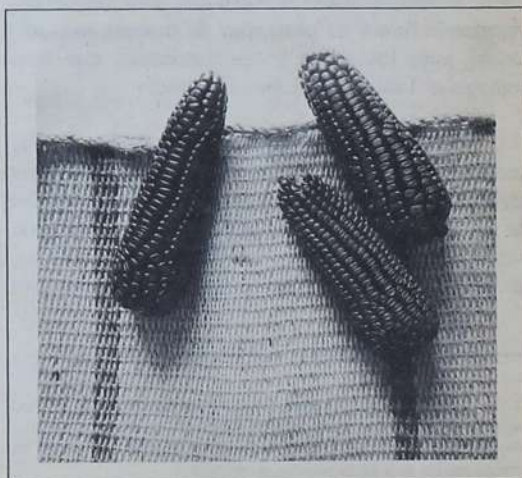
El Dr. Octavio Paredes Lopez, investigador titular de la Unidad Irapuato del Cinvestav, es ingeniero bioquímico egresado de la ENCB-IPN y doctor en ciencias de la Universidad de Manitoba, Canadá. Su área de interés es la biotecnología de alimentos.



tro; estamos inmersos en un proceso de cambio de estructuras en el que a pesar de las limitaciones actuales, la ciencia y la tecnología deben jugar un papel preponderante. La investigación científica no debe ser vista como una tarea aislada o solamente como un pasatiempo, sino como una instancia que conduce a la libertad y al desarrollo de nuestras capacidades para conocer mejor el entorno y avanzar racionalmente en tanto que sociedad. Ante estos escenarios, es imprescindible impulsar un sistema educativo y de investigación cuyos denominadores comunes sean la calidad y la eficiencia. El crecimiento universitario cuantitativo en forma horizontal de épocas recientes debe ser acompañado por la calidad.

Cuando usted fungió como secretario de estado, apoyó con mucho entusiasmo la creación de la Unidad Irapuato del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav), cuya esfera de acción es la biotecnología agrícola moderna, unidad a la que pertenezco dese su fundación. En once años hemos transformado al Cinvestav Irapuato en el grupo más importante en su género en América Latina. Por cierto, tuvimos el honor de tener su visita el año pasado en nuestras instalaciones de Irapuato. Además, nos sentimos honrados con participar en la generación de ciencia y recursos humanos de alto nivel que contribuyan a la autosuficiencia alimentaria y

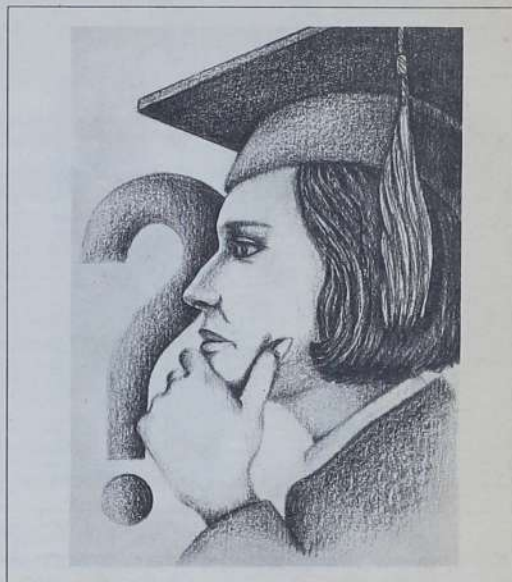
a una mejor competitividad internacional. Es altamente deseable la creación de centros similares en diversos campos del conocimiento en otros puntos del territorio nacional, para darle también a los jóvenes de nuestro país, de las pequeñas y medianas comunidades, la oportunidad de convertirse en científicos útiles a su propia comunidad. En la creación y fortalecimiento de estos centros debe participar más activamente el sector privado nacional. El IPN y sus egresados habrán de seguir colaborando de manera eficiente en estas tareas. ❁



*Innovaciones Educativas***Los procesos de titulación en México****J. Eliézer de los Santos Valdez****Procesos de titulación**

El otorgamiento de títulos profesionales en el país está mediado en la mayoría de las carreras de licenciatura por la acreditación de las asignaturas del plan de estudios respectivo, el cumplimiento obligatorio del servicio social constitucional, la elaboración de un trabajo específico para tal fin y la defensa del mismo en el examen profesional o recepcional.

Los procedimientos u opciones para la obtención del título profesional, presentes ya de manera formal y explícita desde las *constituciones*<sup>1</sup> que normaban la existencia y el desenvolvimiento de la Real y Pontificia Universidad de México en el siglo XVI, no se han constituido en objetos recurrentes de indagación por parte de los investigadores en educación. No obstante, estos procedimientos han sido sometidos a diferentes propuestas de diversificación como medio para, se dice, flexibilizar los mecanismos para la terminación de la licenciatura desde la década de los setenta. Las modalidades más usuales para titularse en las instituciones públicas de educación superior en México son las siguientes<sup>2</sup>: tesis, proyectos de investigación, memorias de experiencias o prácticas profesionales, examen general de conocimientos, cursos de posgrado o especialización, seminarios de titulación, diseño de equipo, elaboración de material didáctico, memoria de servicio social, titulación por promedio, aportes al plan de estudios y tesina.

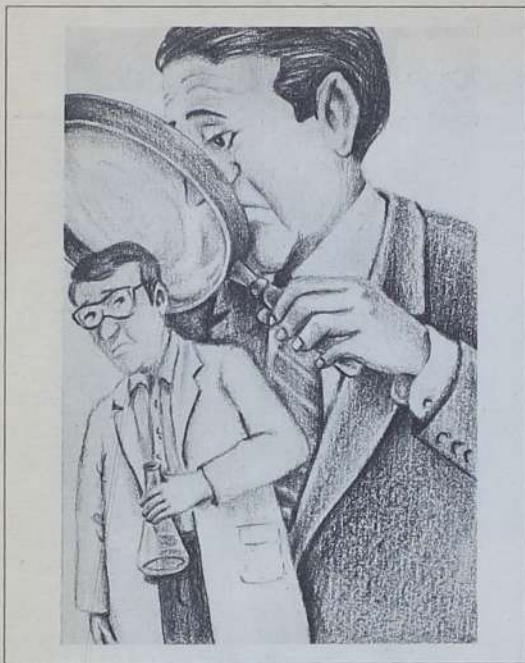


Además, y de manera adicional a estas modalidades, buena parte de las instituciones de educación superior han generado programas de apoyo para la titulación<sup>2</sup>. La Facultad de Arquitectura de la UNAM, por ejemplo, desarrolla un proyecto especial de titulación (PET) como mecanismo complementario, al que se inscriben los egresados rezagados con más de 3 años de haber concluido sus estudios profesionales. La Universidad de Guadalajara lleva a cabo el programa de apoyo para la titulación de sus docentes egresados que consta de ocho módulos orientados a la formación docente, e impulsa un proyecto de cursos-talleres para capacitar a docentes como asesores de tesis.

**Indicadores de titulación**

Los sistemas nacionales de información sobre la educación superior, salvo en casos de excepción, no incluyen indicadores de titulación como categoría estadística en sus ediciones anteriores a

El Dr. Eliézer de los Santos Valdez, maestro en ciencias (Investigaciones Educativas) egresado del Cinvestav y doctor en educación de la UNAM, es coordinador del programa de investigación y desarrollo académico del Centro Universitario de Investigaciones Sociales de la Universidad de Colima, Avenida 25 de julio 965, Col. Villa San Sebastián, Colima, Col., 28040.



1991, situación que obstaculiza la realización de estudios integrales sobre el tema<sup>3</sup>.

No obstante, investigaciones puntuales ofrecen las siguientes aproximaciones globales acerca del número de titulados en el país, en diferentes períodos de los últimos 30 años: "Resulta difícil estimar con precisión cuántos pasantes terminan sus tesis. En 1970-1971 hubo aproximadamente 26,000 egresados o pasantes graduados en las escuelas profesionales de México y aproximadamente 14,000 titulados. Puesto que la mayoría de los que terminan sus tesis lo hacen en el primero o en el segundo año después de su graduación, el número de titulados en cualquier año determinado nos podrá servir como aproximación conservadora para determinar la cifra exacta de los que concluyen en el grupo del año anterior... Apoyándonos en ellas (en las cifras comparativas por años), podríamos afirmar que únicamente del 50 al 60% de los profesionistas mexicanos de los últimos años de la década de 1960 se convirtieron en miembros 'plenamente calificados' dentro de sus profesión".<sup>4</sup>

De la misma forma, y destacando las dificultades para el acceso a información confiable sobre el tema, se señala de manera estimativa que "el índice de titulación de quienes ingresan a la educación superior se mueve alrededor del 20%. La variación más importante al interior de este rubro se da por áreas de estudio y beneficia a aquellas profesiones para las que, desde hace tiempo se exige el título profesional y un registro adicional, supeditado a la posesión del título escolar, para autorizar el ejercicio de la profesión: las carreras con mayor porcentaje de titulados son las de medicina, ingeniería y contadurías."<sup>5</sup> En términos globales se asegura también que "en el país existen más de 400 mil profesionistas sin título, a pesar de haber terminado sus estudios, y tan sólo un millón y medio de profesionistas registrados oficialmente."<sup>6</sup>

A su vez, desde una perspectiva comprensiva y resumida de la educación superior en el mundo, se señala que "en el caso de México, por ejemplo, existe la evidencia de que más de la mitad, -y en algunos casos casi dos terceras partes- de los estudiantes que ingresan a las universidades públicas nunca terminan sus estudios. La gran mayoría de ellos deserta durante el primer año (lo cual sugiere que difícilmente fue un favor el admitirlos). De la minoría que finalmente termina sus estudios, un gran número toma de uno a tres años para graduarse. Estas dos aberraciones -alta deserción y graduaciones tardías- se suman al enorme desperdicio de los escasos recursos que tienen las universidades."<sup>7</sup>

En lo que se refiere a instituciones específicas, para el caso de la UNAM, por ejemplo, considerando al conjunto de alumnos que ingresaron a 11 facultades durante el lapso de 1955 a 1970, se tiene que 40% de los alumnos obtuvo el título profesional<sup>8</sup>, en tanto que "para el período comprendido entre 1959 y 1983 ingresaron en los estudios profesionales un total de 540,013 alumnos; en el mismo período egresaron, después de haber concluido los créditos especificados, un total de 262,025, el 48.5% de la población estudiantil y solamente se titularon 149,823, el 27.7% de la misma."<sup>9</sup>



**Tabla 1. Matricula, número de egresados y titulados por tipo de adscripción (1990)**

Régimen	Matricula(A)	Egresados(B)	Titulados(C)	C/B(%)
Público	891,524	97,169	45,235	46.5
Privado	199,800	21,288	10,136	47.6
Total	1,091,324	118,457	55,371	46.7

**Tabla 2. Matricula, número de egresados y titulados en las cinco entidades con mayor matrícula (1990)**

Entidades	Matricula(A)	Egresados(B)	Titulados(C)	C/B(%)
D. Federal	254,628	30,169	20,295	67.2
Jalisco	103,370	9,776	3,408	34.8
México	90,391	10,374	3,770	36.3
Puebla	86,314	4,779	2,264	47.3
Nuevo León	76,257	9,263	6,330	68.3
<b>Total</b>	<b>610,960</b>	<b>64,361</b>	<b>36,067</b>	<b>59.0</b>

Por su parte, la Universidad Autónoma de Baja California registra que en los últimos 25 años terminaron sus estudios un total de 27,804 estudiantes y que solamente el 45.1% se ha titulado<sup>10</sup>, en tanto que el índice de titulación (relación entre el número de egresados por generación y el número de titulados de esas generaciones) señalado por la Universidad de Colima<sup>11</sup> para la década de los ochenta se ubica en un 42%.

## Datos de 1990

Con base en las estadísticas nacionales disponibles<sup>12</sup> es posible establecer que durante 1990 obtuvieron su título profesional 55,371 egresados de las instituciones de educación superior del país<sup>13</sup>, como se muestra en la tabla 1. En lo que respecta a la ubicación de los egresados titulados por entidades federativas, la información muestra una distribución con pautas bastante similares a las de la matrícula, es decir, con porciones significativas de la misma concentradas en pocos estados de la república. Las cinco entidades con mayor número de estudiantes de licen-

ciatura agrupan en su conjunto al 56% de la matrícula nacional, el 54% del total de egresados, y a 65 de cada 100 de los alumnos titulados durante 1990 (tabla 2).

En el resto de los estados el número de titulados se distribuye en forma desigual con oscilaciones desde 12 personas que accedieron al título profesional en Quintana Roo (el más bajo), hasta 2,108 titulados en Chihuahua, que ocupa el sexto lugar nacional en este aspecto. Se excluyeron del análisis los estados de Veracruz, Tamaulipas, Sinaloa, Chiapas y Querétaro, entidades de las que no se especifican indicadores en las fuentes consultadas.

Analizando por áreas de estudio, poco más de la mitad de los titulados (51%) cursaron sus carreras profesionales en las disciplinas sociales y administrativas, cantidad que constituye casi el doble de quienes accedieron al grado de licenciatura en las carreras de ingeniería y tecnología (14,193 alumnos).

Las áreas de humanidades y educación, y la de ciencias naturales y exactas, se ubican con los indicadores más bajos en términos absolutos

**Tabla 3. Matricula, número de egresados y titulados por áreas de estudio (1990)**

Áreas de estudio	Matricula (A)	Egresados (B)	Titulados (C)	C/B (%)
Sociales y Admvas.	527,565	61,643	28,301	45.9
Ingeniería Y Tec.	349,172	30,484	14,193	46.5
Cs. de la salud	108,946	13,014	7,758	59.6
Cs. agropecuarias	45,151	6,727	2,568	33.6
Humanidades y educación	35,143	3,636	1,240	34.1
Cs. naturales y exactas	25,347	2,953	1,311	44.3

**Tabla 4. Matricula, número de egresados y titulados por institución (1990)**

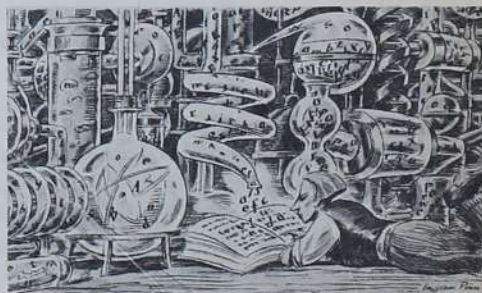
Institución	Matricula (A)	Egresados (B)	Titulados (C)	C/B(%)
UNAM	129,241	15,238	8,528	55.9
IPN	57,957	9,585	7,333	76.5
UANL	47,593	5,777	3,645	63.1
UAM	41,308	3,569	3,005	84.2
UDEG	79,955	6,527	2,520	38.6
<b>Totales</b>	<b>356,054</b>	<b>40,696</b>	<b>25,031</b>	<b>61.5</b>

(1,240 y 1,311 titulados, respectivamente), en tanto que las carreras del sector agropecuario y las de ciencias de la salud se colocan en lugares intermedios con claro predominio de esta última (tabla 3).

A su vez, el análisis de estos aspectos por instituciones públicas da cuenta también de las grandes disparidades de su distribución. En tan sólo cinco de las instituciones con poblaciones estudiantiles más numerosas se conjuntan el 33% del total nacional de alumnos de licenciatura, el 34% de los egresados y el 45% de los titulados, ubicándose 3 de estas instituciones (UNAM, UAM, IPN) en la zona conurbada del centro del país (tabla 4).

De esta forma, el análisis global de la titulación en las universidades y otras instituciones públicas<sup>14</sup> muestra que 10 de ellas rebasaron los

mil titulados en 1990; que seis se ubican entre los 500 y los mil; que en el mayor número de instituciones (18) se titularon de 100 a 500 egresados, y que en 3 instituciones presentaron y aprobaron sus exámenes profesionales menos de 100 pasantes universitarios en ese mismo año.



**Tabla 5. Matricula, número de egresados y titulados por carreras (1990)**

Carreras	Matrícula (A)	Egresados (B)	Titulados (C)	B/A(%)
Contaduría	140,195	19,730	10,359	52.5
Derecho	111,584	12,879	6,114	47.5
Administración	92,911	11,428	5,420	47.4
Medicina	56,472	6,990	3,638	52.1
Ing. Industrial	48,365	4,104	2,159	52.6
Odontología	24,964	2,863	2,115	73.9
Arquitectura	39,747	4,135	2,027	49.0
Computación	68,855	5,031	1,981	39.4
Ing. Civil	35,147	3,979	1,912	48.1
Psicología	27,254	3,790	1,631	43.1

Por otro lado, la información sobre la titulación por disciplinas indica que en lo general se mantienen tendencias similares a las de la década anterior<sup>5</sup>, ya que las carreras de contaduría, derecho, administración, medicina e ingeniería permanecen como las opciones tanto con mayor número de alumnos como con índices mayores de titulados, con un claro predominio de las 3 primeras carreras señaladas, como se muestra en la tabla 5.

## Factores causales: instituciones y egresados

Las instituciones y los mismos egresados se pueden señalar como posibles factores que inciden en, o propician, la obtención del título de licenciatura por los egresados universitarios. Se señalan aspectos como la estructura organizativa de la institución, y específicamente los procedimientos administrativos y sus costos, como elementos que obstruyen o desalientan la obtención del grado; también se indica que los planes y programas de estudio tanto en lo que se refiere a su organización secuencial como a sus contenidos influye de manera importante; de la misma forma, el personal docente, los profesores, en sus vertientes de enseñanza y en las de asesoría y di-

rección de los trabajos de titulación, se incluyen como factores concurrentes; la legislación universitaria, las leyes y reglamentos que norman la actividad académica institucional se ubican, al igual que los elementos anteriores, como posibles factores que influyen significativamente en la titulación; el papel de la escuela como entidad de selección social, a su vez, se apunta también como factor incidente en estos aspectos.

En este contexto, a partir de trabajos específicos se señala que "diversos estudios estadísticos demuestran que un gran número de individuos que terminan satisfactoriamente sus estudios no obtienen el título profesional, más que por una razón pedagógica, por las dificultades burocráticas y la pérdida de tiempo que conllevan los procedimientos de titulación vigentes"<sup>15</sup> Además, sobre esta situación se destacan dos factores que intervienen también en el problema de la titulación: el primero es la falta de precisión sobre lo que se está pidiendo al egresado que realice como trabajo de tesis, y el segundo lo constituye la poca claridad con la que se define el concepto de investigación, ya que es frecuente que las instituciones de educación superior señalen como modalidades para acceder al grado a la tesis, los trabajos de investigación, los reportes, el servicio social, entre otras, sin que se aclaren las características diferenciales de cada una de ellas.<sup>2</sup>

De conformidad con las estadísticas con que se cuenta, se indica también que "no todos los pasantes llegan a ser verdaderos profesionales, y ahí surge un problema. La tesis profesional representa el primer esfuerzo realmente independiente del estudiante dentro de su especialidad. En la mayoría de las universidades los trabajos escritos no forman parte del plan de estudios, y menos aún en las escuelas preparatorias. El estudiante llega así al último año de estudios después de haber completado sus cursos, pero esencialmente sin haber realizado ninguna investigación propia. De ahí se siguen dos conclusiones: en primer lugar, la tesis profesional tiende a ser un trabajo pedestre, ampuloso, o con frecuencia un trámite formal y, segundo, en muchos casos ni siquiera se llega a terminar la tesis, y el nuevo profesionista ingresa a su especialidad sin tener una verdadera licenciatura".<sup>4</sup>

Desde otra perspectiva, se plantea que el tipo y nivel de acreditación educativa requerida para el acceso y la membresía en ciertos grupos sociales refleja primordialmente "el interés de los grupos respectivos en restringir el acceso a estos miembros de grupos sociales considerados inferiores o competitivos. Por consiguiente, lo que acreditan en realidad los títulos educativos es la posesión de ciertos valores y conductas y no el nivel de competencia técnica o logro educativo de

una persona; este papel de acreditación cultural de los títulos conferidos por el sistema escolar refleja, en efecto, el proceso de socialización diferencial que se da en el mismo. La actividad principal del sistema escolar no es, como lo propone la ideología educativa, la formación de las capacidades cognitivas del individuo y el pleno desarrollo de su personalidad y de sus intereses, sino la reproducción del ethos cultural del grupo de status al que pertenecen."<sup>16</sup>

Las características del alumno que termina sus estudios profesionales se erigen aquí como posibles elementos causales entre los que se señalan aspectos tales como el sexo, la edad, el estado civil, su perfil socioeconómico, los antecedentes escolares del alumno y las variables relacionadas con sus expectativas, la motivación del logro, y el valor que al título se le asigna por parte del egresado y/o de su grupo primario de referencia, entre otros.

A este respecto, se señala que dada la heterogeneidad de la población que ingresa a la educación superior, se accede a ella con una gran diversidad de intereses, habilidades, valores y compromisos con las metas, por tanto, "no es elitista reconocer que no todos los que entran están igualmente equipados en las habilidades (académicas, sociales, etc., y/o capacidades intelectuales) para culminar una carrera determinada, ni que todos los estudiantes con capacidades determinadas estén igualmente interesados en, comprometidos con, o motivados para terminar un programa una vez que lo iniciaron. Algunos estudiantes simplemente no se preocupan mucho por terminar su carrera;"<sup>21</sup> por otro lado, destacando que la energía, la motivación y la habilidad personales son elementos importantes en la consecución del éxito, "es una hecho lamentable... que un cierto número de estudiantes no tenga suficiente interés o carezca de carácter para responder a las exigencias requeridas para completar una carrera. Algunas personas no están suficientemente comprometidas con la graduación universitaria o con el esfuerzo necesario para lograr la meta."<sup>17</sup>

Los aspectos que se ubican fuera de la institución escolar y los que no son atribuibles a las características propias del egresado, se conside-



ran también como factores que inciden en la titulación. En particular, el mercado de trabajo determina o condiciona el número de personas que accede al grado en las diferentes licenciaturas, ya sea para el ingreso o para la promoción en el empleo. Se plantea que ciertos grupos ocupacionales limitan su membresía mediante la exigencia de determinados tipos y niveles de escolaridad, aunque éstos no sean necesarios para el adecuado desempeño de su ocupación. "La escolaridad cumple, en estos casos, con el papel de acreditación cultural del individuo, de garantía de su homogeneidad cultural con el grupo social que conforma la ocupación dada. Este papel de filtro social de la acreditación educativa es fundamental para la mayoría de las ocupaciones y gremios profesionales con el fin de seleccionar y limitar su membresía y así proteger el valor económico y el estatus social de esta ocupación en el mercado de trabajo. En la sociedad norteamericana, la medicina, el derecho y la ingeniería son las profesiones donde más claramente se demuestra la estrategia de protección a través de la acreditación educativa formal."<sup>19</sup>

La incorporación al mercado de trabajo sin haber culminado con el examen profesional la carrera de licenciatura, es decir, como pasante, se señala también como posible factor que incide en la titulación. Con este término se ubica al estudiante que habiendo cubierto el total de asignaturas, materias o cursos del plan de estudios de la carrera, y que ha cumplido ya con la prestación del servicio social constitucional, le resta aún la elaboración de su trabajo de titulación y la defensa del mismo. La propia Ley de Profesiones, reglamentaria del Artículo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece esta categoría para el ejercicio profesional señalándose límites temporales e incluyendo la asesoría permanente de un profesional titulado. En lo general, se acepta socialmente la pasantía como requerimiento básico para el ingreso a empleos que habitualmente serían asignados a egresados universitarios titulados.

"No es difícil pensar que esta situación facilita el que muchos pasantes transiten directamente del cumplimiento de un mínimo de créditos académicos al ejercicio profesional sin

que en la práctica se sientan obligados a cumplir con la tesis final y el examen profesional que les otorgaría el título legalmente reconocido. Sin disponer de estadísticas nacionales al respecto se puede suponer que aquellos que caben en la categoría de egresados (cerca del 60% actualmente), y aquellos que desertan poco después de su primera inscripción, se mueven en el campo del ejercicio profesional aprovechando la categoría de pasante".<sup>5</sup>

## Consideraciones finales

Con los planteamientos hasta aquí señalados es posible aseverar que, en años recientes los procesos de titulación en las instituciones de educación superior han sido objeto de significativa atención. En especial se han modificado y ampliado las opciones para acceder al grado de licenciatura, con una gran diversidad de modalidades para obtener un título universitario. Además, las universidades han centrado atención y esfuerzos en la etapa final de la formación profesional de los alumnos y no en los procesos que le dan sustento, como vía para incrementar las dimensiones e indicadores cuantitativos con los que se estima su desenvolvimiento. La carencia de información estadística sobre los indicadores de titulación, o la dificultad para el acceso cuando existe, resalta como elemento que caracteriza a la situación de estos procesos. La inclusión de la categoría de *titulados* en los anuarios estadísticos de la ANUIES y la publicación de compendios, prontuarios o manuales de estadísticas básicas en algunas universidades del país constituyen avances parciales que pudieran conducir a la plena incorporación de estos aspectos en el Sistema Nacional de Información sobre la Educación Superior y a la generación de espacios universitarios que den cabida a su indagación sistemática.

La información disponible sobre los indicadores de titulación para 1990 constata las desiguales pautas de distribución ya observadas en la matrícula, pues se concentran en un pequeño número de entidades y con fuerte presencia numérica, sobre todo, de los alumnos que cur-

saron estudios en el área de las ciencias sociales y administrativas (contaduría, derecho, administración, y medicina).

Las variables que se ubican como características personales del egresado (sexo, edad, motivación, valor asignado al título, entre otras) aparecen con reiterada correlación respecto a la titulación, lo mismo que aquellas ligadas a la naturaleza y organización de la institución en que se cursaron los estudios profesionales, sus recursos, sus marcos normativos, sus maestros y las relaciones que establecen con los alumnos, y sus planes y programas de estudio. Desde otra perspectiva que rebasa la circunscripción al sólo proceso de titulación, la obtención de la licenciatura ya no se concibe como punto de llegada para vastos grupos sociales por la posibilidad real de movilidad ascendente. Estamos ahora en presencia de un fundamentado escepticismo con respecto a la incidencia del título en el acceso al empleo, ya que se plantea que "la acreditación educativa solo posee valor intrínseco dentro de los límites del mercado académico y...fuera de este mercado, la acreditación no garantiza ni una ubicación ocupacional específica ni determinada retribución socioeconómica, sino que sólo confiere el derecho nominal de competir en el mercado de trabajo, derecho que es retribuido desigualmente de acuerdo con la desigual distribución del capital económico y social."<sup>20</sup>

Finalmente, puede sostenerse la hipótesis de que "... la expectativa de los estudiantes y de sus familias tiende a ser con mayor frecuencia la de

utilizar los títulos como elemento para no descender socialmente y ya no la de la elevación potencialmente ilimitada. Si lo anterior es cierto, la actitud individual y la de la familia hacia los estudios tiene rasgos de pesimismo y devaluación que antes eran infrecuentes."<sup>21</sup> ❀

## Notas

1. J. E. de los Santos, *Cuadernos Pedagógicos Universitarios* No. 2 (Univ. de Colima, 1992).
2. M. López, et al., *Rev. Educ. Superior* No. 69 (1989).
3. La categoría de "titulados" aparece por primera vez en los anuarios estadísticos de la ANUIES en 1991, con datos que se refieren a los egresados que obtuvieron el título un año atrás.
4. T. Osborn, *La educación en México* (FCE, México, 1987).
5. M. de Ibarrola, *La educación superior en México* (CRE-SALL, Caracas, 1988).
6. L. E. Todd, *La Jornada*, 11/04/90.
7. P. H. Coombs, *Evaluación, promoción de la calidad y financiamiento de la educación superior* (SEP, México, 1992) p. 34.
8. G. Garza, *La titulación en la UNAM*, Cuadernos del CESU No. 3 (UNAM, México, 1968) p. 11.
9. J. Carpizo, *Fortaleza y debilidad de la UNAM* (UNAM, México, 1986).
10. *La Jornada*, 27/01/90.
11. J. E. De los Santos y J. C. Yañez, *La titulación en la Universidad de Colima 1980-1989* (Univ. Colima, México, 1991).
12. ANUIES, *Anuario Estadístico 1991*.
13. Los titulados durante 1990 no se ubican, necesariamente, entre los egresados de ese mismo año.
14. Se excluyen del análisis las universidades Veracruzana, las autónomas de Sinaloa, Tamaulipas, Chiapas, Querétaro y la Universidad Pedagógica Nacional, así como los Institutos Tecnológicos; los datos de la UNAM incluyen los de las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales y los de la FES Cuautitlán, y se incorporan los indicadores del Instituto Politécnico Nacional.
15. M. Pérez Rocha, *Rev. Educ. Superior*, No. 4 (1972).
16. V. Gómez, en G. González y C. A. Torres, *Sociología de la educación*. (Centro de Estudios Educativos, México 1981) p. 126.
17. V. Tinto, *J. Higher Educ.* 53, 696 (1982).
18. V. Tinto, *Rev. Educ. Superior* No. 71, 38 (1984).
19. E. Collins, en G. González, *op. cit.*
20. P. Bourdieu, en G. González, *op. cit.*
21. D. Fuentes, *Universidad Futura*, Vol. 3 Nos. 8 y 9, 6 (1991)

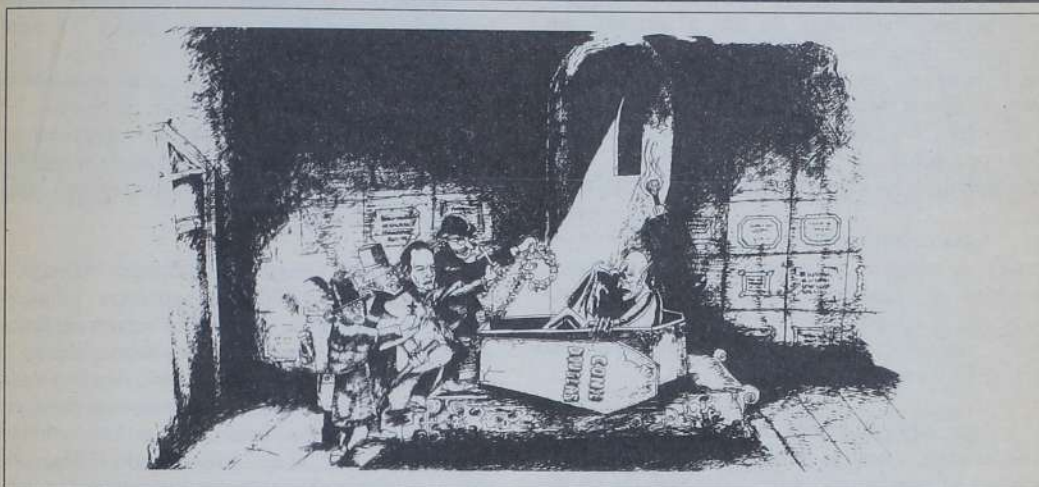




matices

## Reivindicación de Marcelino Cereijido

*Acabemos de una vez por todas con Douglas Handsome*



N. Vergara López

### **Armando Hörvat, Aníbal López-Serrador, Noemí Mastrantonio y Bension Ziperovich**

Dada la gravedad del asunto, rogamos al editor de *Avance y Perspectiva* que publique estas líneas lo antes posible, pues deseamos poner coto a la confusión sembrada entre los lectores por los artículos de M. Cereijido y de D. Handsome aparecidos en su revista.

Aunque sea redundante, consideramos necesario resumir aquí ambos artículos. Cereijido ("De arañas, escorpiones e investigadores profesionales" *Avance y Perspectiva* 11, 322, 1992) narra que cedió cierta toxina a un tal Fermoso, con la que ambos realizaron ciertos estudios, y poco después cayó en la cuenta de que había entregado una substancia equivocada, circunstancia que eventualmente finiquitó la carrera científica de su colega. A su vez, Handsome, reclamando ser el verdadero Fermoso ("Marcelino Cereijido y sus patrañas", *Avance y Perspectiva* 12, 249, 1993), considera que el artículo de Cereijido es toda una confesión que le brinda una oportunidad de mitigar su infortunio y exigir reparaciones.

Los autores son investigadores de la Ecole Normale Supérieure, Paris, Francia (A.H.); Worcester Foundation, Mass. EUA (A. L. S.); Univ. Nal. del Comahue, Argentina (N.M) y Technion, Haifa, Israel (B.Z.)

## Buenos Aires, 1966

En 1966 nosotros cuatro, más Marcelino Cerejido, Orlando Kirby y la ya fallecida Gladys Borelli, acabábamos de regresar de entrenamientos postdoctorales, e iniciábamos nuestros laboratorios en la Universidad de Buenos Aires. Para apoyarnos mutuamente, cada viernes a las cuatro de la tarde, uno de nosotros hacía de anfitrión; compraba una botella de jerez y galletitas, y explicaba lo que estaba investigando. Una de las reglas era valerse únicamente de tiza y pizarrón, sin proyectar diapositivo alguno, hecho que centraba la atención en las ideas y expectativas, de modo que en pocos meses y a pesar de tener especialidades muy diversas, cada uno estuvo al tanto de los proyectos de los siete, y entre todos meditábamos las ideas del grupo como propias.

Otra circunstancia que nos acercó fue la escasez de dinero, pues nos forzó a compartir equipos y reactivos, coordinar pedidos de isótopos y ayudarnos recíprocamente cuando alguno necesitaba realizar un experimento con múltiples controles.

Este estilo de trabajo fue aproximando y superponiendo nuestras temáticas y enfoques, y de pronto se nos ocurrió seleccionar uno de los temas y encararlo en equipo y multidisciplinariamente.

## Un pecado de juventud

Al sumar esquemas conceptuales, metodologías, medios, manos, cerebros y corazones, la profundidad y alcance de nuestro trabajo aumentó y comenzamos a publicar artículos de envergadura. Inevitablemente, surgieron tiras y aflojas acerca de autorías y prioridades. La disyuntiva era peliaguda, pues cada trabajo tenía por fuerza un contribuyente principal a quien le dolía que los otros seis le coautorearan su artículo, pero así y todo se daba cuenta de que ahora su investigación tenía mucho más vuelo y alcance, y no quería regresar al estilo *simplete* y antiguo. De ahí en más decidimos firmar por riguroso orden alfabético.

En esto estábamos cuando nos enteramos de Nicolas Bourbaki. Bourbaki nunca existió. Fue el seudónimo adoptado por un grupo de matemáticos franceses que compartían un mismo enfoque, una misma escuela, para publicar en conjunto treinta y seis volúmenes de *Éléments de Mathématique*. A partir de 1939 "Bourbaki", debido a su enorme productividad y particular sesgo matemático, pasó a ser un portento de creatividad y productividad.

Siguiendo el ejemplo de los matemáticos franceses, llamamos a nuestro grupo "Douglas Handsome". Comenzamos de a poco, como quien se lanza a cometer una picardía académica: compramos reactivos y equipos en su nombre, lo suscribimos a revistas, y de buenas a primeras se nos ocurrió enviar un resumen y luego un artículo extenso firmado por el personaje que acabábamos de inventar.

De pronto Douglas Handsome comenzó a recibir catálogos, pedidos de separatas, información sobre congresos, y nosotros correspondimos colocando una fotografía de Dios sabe quién en la pared y aseverando que era la suya. Alguien inauguró un escritorio sobre el que puso una pipa, un retrato "de la señora Handsome", un banderín del club de football en el que había jugado el Maestro, lápices, reglas y objetos varios que supuestamente le pertenecían. Al ver ese rincón, cualquiera hubiera dicho que Douglas Handsome lo usaba asiduamente y acababa de salir por un momento.

Si un experimento fallaba, argumentábamos que Douglas Handsome nos había indicado mal, si un cronómetro se perdía decíamos que quizá lo habría tomado Douglas Handsome. Le inventamos posiciones políticas, preferencias por determinadas comidas, vicios, amistades y hasta enemigos. Lo íbamos creando día a día, broma a broma y, de este modo, en una visita a Estados Unidos podíamos ser muy coherentes con lo que habíamos dicho en visitas anteriores, y con lo que otro compañero de laboratorio estaba contando en ese mismo momento en Francia. Esto hacía que cuando dos investigadores extranjeros se referían a nuestro personaje, podían decir casi al unísono, por ejemplo, "sí, me enteré: lo operaron de los meniscos", o "como usted bien sabe, a





Douglas Handsome le encanta el *bistec au poivre*".

Por momentos la pompa de jabón amenazaba estallar, sobre todo cuando recibíamos visitantes extranjeros que se habían carteadado con él y ahora esperaban conocerlo personalmente. Por suerte, dada la lejanía de Argentina, estos visitantes no abundaban, y era fácil desviarlos con: "El Maestro está de viaje", o "guarda cama", o "tiene audiencia con el ministro de educación".

Otros momentos difíciles se presentaban cuando Douglas Handsome era invitado a participar en simposia en Europa y los Estados Unidos. Invariablemente pretextaba tener una agenda demasiado ocupada, sugería que alguno de sus colaboradores lo substituyera y, consecuentemente, nosotros decidíamos quién asistiría, con base en la especialidad de cada uno y la temática del simposio en cuestión. Paulatinamente el mundo científico se fue acostumbrando al hecho de que Douglas Handsome fuera un sujeto huidizo, de salud endeble, poco afecto a viajar, demasiado atareado en tareas oficiales, pero que tenía colaboradores jóvenes inteligentes y agradables.

La actitud institucional fue de gran ayuda. Por aquel entonces el CONICET (nuestro consejo

de investigaciones) estaba liderado por científicos de gran calibre. Estaban al tanto de nuestra travesura, pero no los preocupaba, pues cuando venían a los laboratorios gozaban discutiendo con cada uno de nosotros, apreciando la osadía de nuestros proyectos e hipótesis de trabajo, admirando la eficiencia que habíamos alcanzado al unir cerebros, métodos y habilidades técnicas, constataando el elevado número y calidad de las publicaciones, viendo la cantidad de citas que recibía Douglas Handsome. Algunos hasta llegaban a participar en la broma cuando viajaban al extranjero, pues si les preguntaban sobre Douglas Handsome, se avenían a seguir el chiste e informar escuetamente acerca del personaje. El hecho decisivo que consolidó a Douglas Handsome fue que el CONICET accedió a otorgarnos donativos a su nombre, si bien por razones administrativas lo caratulaban "Grupo Handsome" y nos exigían la firma responsable de los siete.

Al cabo de pocos años esta manera de operar pareció tan natural, que nos atrevimos a que Douglas Handsome nos presentara a concursos de premios, nos recomendará para viajes, nos consiguiera aumentos de sueldo y hasta nos avalara para conseguir créditos personales. Esta osadía no fue del beneplácito de las autoridades, nos dieron unos buenos tirones de oreja, y algunos hasta nos acobardamos de haber llevado el asunto tan lejos.

## La muerte de Douglas Handsome

Por supuesto, ya sea a través de la amistad con algunos de nosotros, o porque nuestros paisanos cometían indiscreciones, los colegas extranjeros fueron enterándose a medias de la verdad. Pero afortunadamente, la mayoría de los enterados tuvo a bien respetar nuestra forma de trabajar y de publicar, del mismo modo que, nos imaginamos, en su momento la comunidad matemática internacional acabó por aceptar al "Nicolas Bourbaki" francés.

Mirando retrospectivamente, nos damos cuenta que nuestra diablura juvenil no fue una simple bufonada, pues habíamos cambiado el es-

tilo de trabajar, llevándolo desde el investigador aislado decimonónico, que explota un método o una preparación en forma obsesivamente lineal, hasta transformarlo en la investigación grupal que encara un problema multidisciplinariamente. De esa manera, la atención se centraba en el problema científico en sí, y no en el buscar algo más que se pudiera hacer con el método que uno dominaba individualmente.

Con todo, la luna de miel no duró. Los gobiernos militares fueron cambiando el elenco de las instituciones oficiales, y la envidia y mediocridad de algunos científicos burocratizados los llevó a objetar que no éramos independientes, que no habíamos demostrado capacidad de desarrollar temas individualmente. Resistimos, pero la lucha nos dividió, y algunos de nosotros opinamos que no podríamos continuar toda la vida usando a Douglas Handsome como mascarón de proa.

Finalmente alguien (se dice el pecado pero no el pecador) se negó a integrar sus datos con los del resto del grupo, los publicó con su propio nombre y, meses más tarde, Orlando Kirby, mortalmente ofendido, nos comunicó que se separaba del equipo, pues acababa de aceptar una posición en Nueva York.

Fue muy doloroso dar por muerto a Douglas Handsome. Ficticio o no, había sido un sueño de juventud, un sueño fértil, sano, que había durado casi seis años, a lo largo de los cuales nuestro personaje había publicado cincuenta y dos trabajos originales y una decena de reviews y capítulos de indiscutible jerarquía. Cuando alguien nos propuso que para acabar con él escribiéramos su obituario, lo tomamos como una broma de mal gusto y no tuvimos corazón para hacerlo.

### **La resurrección de Douglas Handsome**

Orlando Kirby se fue del grupo enemistado con casi todos y nadie envidió su importantísima posición en Nueva York. Por el contrario, quien más quien menos se vanaglorió, pues lo tomó como índice de lo que habíamos podido conseguir con

nuestro peculiar estilo de investigar. Con todo, los últimos meses de Orlando en Argentina transcurrieron en la frialdad y el distanciamiento casi absoluto, y luego ninguno de nosotros lo visitó en Estados Unidos.

Un año más tarde, al recibir el nuevo directorio de la *American Society for Toxicology*, estallaba la noticia en todo su escándalo, pues si bien no nos sorprendió para nada que Douglas Handsome figurara todavía en la lista de miembros, sí nos dejó alelados su nueva dirección: era la de Orlando Kirby en Nueva York.

Sí: Orlando Kirby había hecho los trámites para cambiar oficialmente su nombre y ahora se llamaba Douglas Handsome. De alguna manera había conseguido que las autoridades de Columbia creyeran que él había estado prestando su nombre a todo el grupo porque, supuestamente, era el más brillante y distinguido de nosotros. Fue obvio que prefirieron no entrar en detalles, con tal de contar con un superdotado como Douglas Handsome: treinta y seis años (los de Orlando) y una pléyade de trabajos de primer nivel (los de todo el grupo).

Orlando es un sujeto muy listo, no le fue difícil conseguir apoyo y colaboradores para continuar con una producción suficientemente nutrida como para mantenerse en primera fila internacional, aunque no fuera para nada comparable a la que había tenido nuestro antiguo grupo. El hecho de que a su vez nosotros nos desbandáramos y fuéramos emigrando a distintos países, y que por lo tanto el "Douglas Handsome" de la Argentina dejara simultáneamente de publicar, completó la superchería.

### **Marcelino Cerejido, el más débil de nosotros**

Cerejido siempre ha sido un romántico sentimental. No por nada continuó siendo capitán de los boy scouts hasta los veintitrés años. No por nada se había pagado la carrera de Medicina cantando tangos en un cafetín de la calle Esmeralda. Era el único que le dirigía la palabra a Orlando cuando

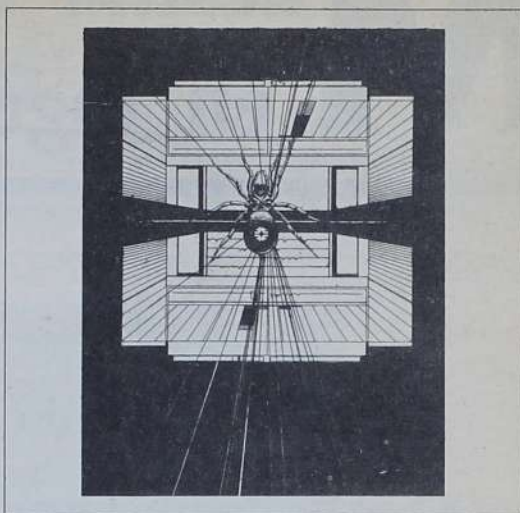
se topaba con él en los congresos internacionales; los demás le dábamos vuelta la cara. Cerejido fue también el único que se avino a escribirse con Orlando, y hasta se rebajó a enviarle las cartas a nombre de Douglas Handsome.

Pero, finalmente, el encono lo traicionó, y en esa visita "a Miami" le entregó la toxina equivocada. Freud podría explicarlo a su manera. Por nuestra parte estamos convencidos que, una vez de regreso en México, se percató de la barbasada que acababa de cometer y fue posponiendo la aclaración porque se persiguió desmesuradamente con las posibles consecuencias.

También Orlando ("Douglas Handsome") fue traicionado por su inconsciente, pues debe haber tardado muy poco en advertir el error, pero subestimó las consecuencias y siguió adelante, pensando que en este mundo de la ciencia profesional todos cometemos errores, que una vez pasado el zipi-zape inicial se mantendría en el candelerero, y que tarde o temprano el asunto sería olvidado. Calculó mal, se hundió, y sólo con el increíble "cuento" publicado por Cerejido en *Avance y Perspectiva*, creyó llegado el momento de la venganza.

## Ahora sí, enterremos a "Douglas Handsome"

Sólo uno de nosotros (ALS) continúa siendo toxicólogo. Los demás fuimos derivando hacia otras áreas, de modo que cuando Orlando leyó el cuento, dio, rienda suelta a su odio sin pensar que saldríamos en defensa de Cerejido. Lo hacemos porque nos parece demasiado rastrero que Orlando saque a relucir el cambio de nombre de Kirschner a Cerejido. Kirschner era el nombre que tenía de niño allá en el campo de refugiados de Basilea, durante la Segunda Guerra, cuando lo adoptó el comerciante argentino Marcelino Cerejido, de quien luego tomaría nombre y apellido. También nos parece innoble que Orlando distorsione salvajemente la importantísima y prolongada colaboración de Cerejido con Pär Gustafson. Oculta, por ejemplo, que Cerejido



pasó cuatro veranos consecutivos trabajando con Pär en Upsala, y que el mismo Pär pasó dos sábaticos en Buenos Aires. Tiene el descaro de afirmar que el reconocimiento a esos trabajos es parte de una "carta testamento" enviada por Gustafson a la Gloucester Foundation, cuando sabe muy bien que figuran destacadamente en el texto de la conferencia que pronunció cuando le dieron el Nobel y, por último, que en su primer matrimonio Cerejido estuvo casado siete años con Astrid Gustafson, hija del viejo Pär.

Por eso "Douglas Handsome" miente cuando amenaza iniciar procedimientos legales contra Cerejido. Son puras pamplinas. Simplemente no puede, pues nada de lo que dice es cierto. Sólo quiso ensuciar el nombre y el bien ganado prestigio de nuestro incorregible Pirincho (como los amigos llamamos a Marcelino Cerejido).

Así y todo, hoy peinamos canas, y consideramos que Orlando ya ha sufrido bastante. Jamás hubiéramos pensado que el fantasma de Douglas Handsome, un personaje ficticio, que nunca existió, fuera capaz de ofenderse, alzarse de su tumba y tomar tamaña represalia. Pero ha pasado tanto tiempo que, por lo menos nosotros cuatro, cada uno en distinto grado y a su manera, lo ha perdonado. Que siga siendo "Douglas Handsome" si es que consigue librarse del espectro del Maestro, y que Dios lo ayude. ❁

# **M**aestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica

---

**Especialidad en**

## **BIOELECTRONICA**

La Sección de Bioelectrónica del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados ofrece su programa de **Maestría en Ciencias** en la especialidad de Ingeniería Eléctrica, Bioelectrónica en las áreas de investigación que se cultivan.

*MICROELECTRONICA MEDICA  
BIOINSTRUMENTACION ELECTRONICA  
BIORROBOTICA Y REHABILITACION  
PROCESAMIENTO DE SEÑALES BIOELECTRICAS E IMAGENES*

### **Requisitos de Admisión**

Carta de intención, Curriculum Vitae, Estudios profesionales completos y los documentos pertinentes.  
Egresado de Licenciatura, Ing. Eléctrica, Electrónica.  
Promedio mínimo de 8  
Conocimiento del idioma inglés a nivel intermedio  
Aprobar los cursos propedéuticos de tres meses a tiempo completo

### **Becas:**

CONACYT, COSNET, SEP, ANUIES

### **Calendario**

La admisión se realiza una sola vez al año de la siguiente forma:  
Recepción de documentos: mes de mayo  
Cursos propedéuticos: del 1º de Junio al 31 de Agosto.  
Inicio de la maestría: el 1º de Septiembre de cada año

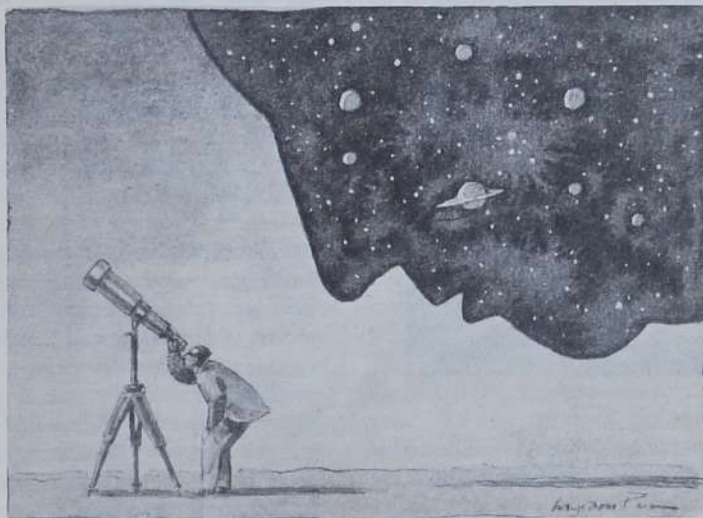
### **Información**

M. en C. Juan de Dios Castañeda C.  
Coordinador Académico  
Departamento de Ingeniería Eléctrica, sección de Bioelectrónica  
CINVESTAV - IPN  
Av. I.P.N. 2508 esq. Ticomán Deleg. G. A. Madero 07360 México, D.F.  
Tels.: 754 02 00, 752 06 77 exts. 3600 y 3716 Fax: 586 62 90 y 752 05 90  
Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F.



matices

## Un cuento de científicos para economistas



### Arturo Morales Acevedo

Lo que resultó ser una reflexión acerca de mi trabajo, se inició aquella tarde calurosa del verano pasado, cuando recibí una llamada, aparentemente inocente como en otras ocasiones, en las que se me pedía una entrevista acerca de los avances de mi trabajo en la investigación biotecnológica, a la cual me he dedicado desde hace más de 20 años. El reportero me dijo, "oiga, será posible que pase a verlo el día de mañana para comentar un poco acerca de su trabajo, creo que

es importante para el público conocer lo que un investigador como usted hace. Recientemente hemos iniciado una Sección de Ciencia y Sociedad en nuestro periódico, y he oído que su trabajo es interesante". Pensé por un momento en mis compromisos del día siguiente, y recordé que tendría una reunión en las oficinas del CONACyT para determinar quiénes serían los investigadores que obtendrían apoyo en sus proyectos ese año, así que le contesté, "no podré hacerlo mañana pues estaré fuera de mi oficina, pero ¿qué le parece si lo hacemos el jueves?, creo que podré dedicarle un buen tiempo ese día, y lo haré con mucho gusto". "Pasaré a visitarlo al medio día ¿le parece bien?", me preguntó. Le respondí que estaba de acuerdo, me dió su nombre y después se despidió cortesmente.

El Dr. Arturo Morales Acevedo, investigador titular de la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav, es ingeniero en comunicaciones y electrónica egresado de la ESIME-IPN y doctor en ciencias del Cinvestav. Su campo de interés es la física de dispositivos semiconductores.



El jueves siguiente había llegado como todos los días a mi oficina y le había preguntado a mi secretaria si tenía algún recado para mí. Me informó que el reportero había hablado para recordarme acerca de nuestra cita ese mismo día, lo cual ciertamente había olvidado. Le dije que estaba bien, y que por lo tanto sería conveniente que le dictara algunas cartas para que no se me fuese a olvidar después. Decidí que mientras llegaba el reportero habría de escribir algunos resúmenes para enviarlos a un congreso que sería a finales del año, así no me vería interrumpido a su llegada, pues se trataba de escritos muy cortos que podría reanudar en cualquier momento.

A su llegada me di cuenta de que era más joven de lo que su voz por teléfono me había permitido entrever. Pensé que era mejor así, ya que siempre me he sentido a gusto conversando con los jóvenes, aunque yo he dejado de serlo hace ya un buen tiempo. Me saludó, e hizo comentarios acerca de lo caluroso que habían estado los días, y me hizo notar que no había mucha contaminación, por lo que eran agradables a pesar del calor.

Le pregunté si gustaba tomar un café, a lo que me respondió afirmativamente. Pedí a mi secretaria que sirviera café para los dos, y luego le dije: "siéntese, y dígame ¿sobre qué quiere que platiquemos?" Un poco nervioso, pero con gesto de inocencia me respondió: "en realidad ésta es mi primera entrevista a un científico, y por eso quisiera enfocarla a la ciencia en general, y no a su actividad particular. Tengo varias preguntas, las cuales creo que la gente alla afuera se hace, pero no sé por donde empezar", continuó. "Pues haga sus preguntas, y aquí trataremos de darles un orden, no se preocupe por eso", le expresé. Tomó su cuaderno de notas, dió un sorbo a su café y en tono pausado me espetó a quemarropa, "muy bien doctor, dígame ¿para qué sirve la ciencia y lo que usted hace?".

A pesar de que en otras ocasiones había tenido que responder a tal pregunta, me di cuenta de que sería difícil explicárselo a alguien tan joven, y sin muchos antecedentes, seguramente igual que sus lectores. "Esa pregunta es difícil, la respuesta sólo es personal y no puede generalizarse, creo que es una de las cuestiones en las que los mismos científicos no nos ponemos de acuerdo", le dije, mientras tomaba un lapicero en mi mano derecha y jugueteaba con él nerviosamente.

Luego dije: "para mí, el científico actúa y hace investigación por tres razones fundamentales. La primera es la curiosidad sobre el universo del cual forma parte; la segunda es la necesidad de dar una explicación acerca de lo que le rodea y que percibe mediante su propia actitud curiosa; y la tercera es la necesidad de trascender a través de esa actividad creativa. Todas éstas son actitudes afines a todos los seres humanos, por lo que hacer ciencia se constituye pronto en un acto cultural, como lo son todas las acciones creativas en cualquier sociedad. Sin el desarrollo de la ciencia no puede haber evolución cultural ni social, de la misma forma que no lo habría sin la presencia de los escritores, los pintores o los músicos. Y digo que en todos los humanos hay necesidad de establecer una explicación del universo, porque nunca la interpretación dada por alguien será completa ni acabada, siempre habrá algo más por entender en todas las ramas del conocimiento. La

curiosidad del científico es la misma que la de un niño cuando descubre su entorno, y se maravilla al ver las estrellas, o al observar el movimiento de las hormigas. La necesidad de trascender, es decir, de sentir que se vive y que uno transforma permanentemente su entorno, es algo que todos hacemos instintivamente, casi como comer o dormir. Algunos construyen casas, otros pintan cuadros, y los científicos construyen teorías e interpretaciones para una pequeña parte de los fenómenos que observa en su mundo.

Sin dejar de observar sus gestos seguí diciendo, "en otras palabras, la ciencia no corresponde *directamente* a un acto utilitario, sino que más bien es un acto humano muy natural, que genera cambios culturales y sociales de manera permanente, y es parte de la evolución intelectual de las sociedades de nuestro mundo. Los seres humanos no son los mismos antes y después de que se confirmó la teoría atómica, ni antes y después del descubrimiento del núcleo en los átomos mismos. Tampoco serán los mismos después de la revolución que se generará al aplicar cotidianamente en los seres vivos el conocimiento proveniente de la genética molecular".

"¿O sea que la ciencia es un acto instintivo, de una persona o de una sociedad más que un acto generoso como muchos piensan?", me preguntó el joven.

"Así lo creo", le contesté, "su nivel de desarrollo dependerá del nivel económico y cultural, así como de qué tan fuerte es la necesidad de responder a ese instinto, ya sea dentro de un país o de un grupo cualquiera. En el pasado la respuesta a dicho instinto ha mostrado ser tan vital para la supervivencia humana, como el instinto de comer o el de la reproducción. Muy simple, ¿no creé usted?"

"A pesar de ser un acto instintivo, como usted dice, se ha encontrado que el desarrollo científico está en la base del desarrollo social y tecnológico de muchos países, y por lo tanto se ha querido convertirlo en un acto racional y planeado, ¿por qué en países como el nuestro no ocurre dicha planeación?", me preguntó con mucha candidez.

"Creo que el problema radica precisamente en que se ha tendido a creer que el progreso económico se logra mediante el desarrollo científico del país. Desafortunadamente, esto no es así, sino que el impacto que la ciencia puede tener en este sentido depende de que existan condiciones previas de desarrollo económico, educativo y cultural del país dado. Incluso podría afirmar que en los países *avanzados* existen centros científicos de excelencia como consecuencia del alto nivel de vida de sus habitantes.

"En otras palabras, para que haya ciencia y científicos de excelencia se requiere de desarrollo económico; después, estos generarán una cultura transformadora, que tenderá a mover al país hacia niveles de vida cada vez mejores. Por lo tanto, tome usted como un indicador del grado de desarrollo económico de cualquier país el número y la calidad de personas dedicadas a la investigación científica. Pero esto no significa que deba incrementarse a cualquier costo e indiscriminadamente el número de científicos, pues esto no necesariamente causará desarrollo económico; en realidad, debe contarse con el número apropiado de científicos motivados, de acuerdo al nivel económico del país mismo. Espero que todo lo anterior no sea muy complicado de entender, pues implica una visión contraria a la que su misma pregunta sugiere."

-No, no es complicado y creo que sí está claro; sin embargo, me sorprende, siendo usted un investigador en un área considerada tecnológica.

"Efectivamente, ese es otro error común, asociar con el nombre del campo de investigación el tipo de investigación y los resultados esperados. Pocas personas pueden entender que en un área de investigación tecnológica es posible hacer investigación científica, y que los resultados no necesariamente dan un producto vendible. Los aspectos que definen si un trabajo es científico o no, son tanto la metodología seguida para llegar a las conclusiones, como la motivación original, la cual puede ser esa curiosidad mencionada anteriormente, y no si se trata de biotecnología, ingeniería civil u otra. Debe tenerse claro que si se desean productos concretos o vendibles, la meto-



dología deberá ser diferente y deberá contarse con verdaderos ingenieros para que desarrollen esos productos".

Tomé un respiro dando un sorbo más a mi café, y continué diciendo, "curiosamente, en no pocas ocasiones he podido ver cómo muchos trabajos que se consideran científicos (sólo porque se desarrollaron en un laboratorio de *Física* o *Biología*), corresponden más a trabajos de ingeniería. Por ejemplo, en muchos lugares se desarrollan nuevos materiales superconductores, semiconductores, o incluso biológicos, aunque se sepa poco o nada acerca de lo que ocurre al formarlos o porqué tienen determinadas propiedades. Por el contrario, en otros lugares estudian cosas que son aplicables o vendibles, con una actitud científica, más que de ingeniería, pues su interés es precisamente profundizar en los fenómenos que suceden dentro de esa cosa, hasta tener una imagen clara y sencilla de los fenómenos; para ello establecen hipótesis y confrontan sus teorías con resultados experimentales que les permitan confirmar sus propias predicciones."

Observé si el joven me escuchaba con atención y luego sin perder la continuidad de mis ideas proseguí, "por tal razón, los verdaderos científicos, independientemente del campo de investigación en el que trabajen, se sienten incómodos al oír a diversos grupos (que ahora se

acostumbra llamarles *tecnócratas* porque tienden a extrapolar medidas de tipo económico a todas las actividades humanas) que determinan que los científicos deberán ser generadores de desarrollo tecnológico, y que por lo tanto deberán ser productivos en todos los órdenes posibles. Por ejemplo, deberán producir X artículos, Y graduados, y Z patentes. Incluso, creen que teniendo al menos estos productos de parte de los científicos (¿pues para que otra cosa sirven?), habrá mayor desarrollo económico en una relación directa de causa a efecto. Es decir, atentan contra la naturaleza misma de la ciencia, les imponen criterios cuantitativos ajenos, y generan falsas expectativas de que esto cause progreso económico, cuando es a la inversa, el desarrollo del nivel de vida de un país permite la existencia de un mayor nivel cultural, y por ende de científicos, como ya expliqué anteriormente. De ahí se parte a la generación en masa de personas que deban dedicarse a la ciencia con ese propósito, sin decirles nunca que su actividad corresponde a otras motivaciones, diferentes de las del científico verdadero."

En ese momento me sentí cansado, pero me di cuenta de que se trataba de una oportunidad para expresar ideas que bullían de una u otra forma dentro de mi cabeza y las de otros colegas, así que decidí seguir explicando los problemas de alguien que se consideraba un científico, como



era mi caso. Aproveché este instante de reflexión de mi parte y me hizo una nueva pregunta, "¿no cree que de todas formas la ciencia debe tener un sentido social?"

"Creo que no me ha entendido totalmente. No debemos confundirnos, pues la ciencia es una necesidad social, pero sus propósitos no son utilitarios en cuanto ciencia, sino más bien existenciales. Los individuos y las sociedades requieren de explicaciones acerca de su presencia y su existencia en el universo, así como del universo mismo; y estas explicaciones cambian en la medida que se profundiza en el conocimiento científico. Hace un siglo no podíamos explicar muy bien cómo están formados los átomos, y ahora podemos creer que tenemos una idea más clara. Esto trajo consigo una concepción más adecuada de las células y de su información genética, es decir de los seres vivos mismos, y causó una revolución en la obtención de materiales que son la base de la tecnología moderna. La concepción atómica, como se conoce ahora, es parte de nuestra cultura, que no podía haber existido hace doscientos o trescientos años. En otras palabras, la ciencia es a la vez un reflejo de la cultura humana y genera su progreso. Seguramente, los científicos del siglo pasado no imaginaron que sus investigaciones tendrían las consecuencias en el desarrollo tecnológico que

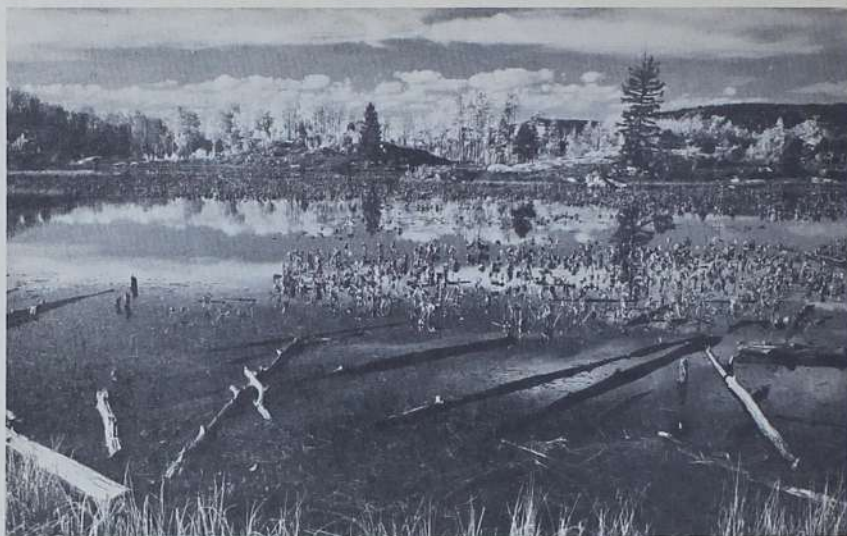
tienen ahora, sobre todo porque no fue eso lo que se propusieron. Ellos estaban maravillados por lo que les rodeaba y quisieron encontrarle una explicación, en la circunstancias de cultura científica en las que se encontraban ellos mismos (poco conocimiento acerca de las fuerzas electromagnéticas, pero un avance considerable en lo que respecta a la mecánica y las fuerzas gravitatorias). En resumen, como le indiqué antes, la ciencia es una necesidad instintiva de los seres humanos. Las revoluciones en las concepciones científicas son comparables a la revoluciones en la música, la pintura, la literatura, o las político-sociales, aunque su impacto ocurra en lapsos de tiempo diferentes para cada una.

"Esto no significa que los científicos no puedan o no deban involucrarse en actividades económicamente productivas, pasando así a ser tecnólogos o ingenieros. Sin embargo, esto deberán hacerlo como consecuencia de una planeación de las necesidades productivas del país y dentro del entorno adecuado para ello. Por ejemplo, si nuestro país decide contar con una industria biotecnológica competitiva deberá determinar en que áreas podrá hacerlo, cuántos ingenieros químicos, eléctricos, bioquímicos son necesarios, así como el nivel de desarrollo e innovación indispensable. Junto con la formación de personal deberán aparecer centros en donde se realice desarrollo tecnológico en dicho campo, ligado a la industria planeada y a la que se vaya estableciendo paulatinamente. Supongo que para los economistas esto debe ser claro, pero poco he visto en este sentido, y más bien creo que no han sido capaces de entender el significado de la ciencia y su importancia para el grupo social en la cual se desarrolla."

Observé que el interés del reportero no había decaído, lo cual me animó, pero hice una pausa para esperar alguna reacción de su parte. Me dijo, "después de sus explicaciones tan amplias, las cuales requieren de una mayor reflexión de mi parte, aún me atrevo a hacerle otra pregunta, ¿qué espera usted como científico de parte de la sociedad?"

"Por supuesto que lo que espero es que mantenga una claridad y que evite contradiccio-





nes respecto a la importancia de la ciencia, que brinde reconocimiento al grupo reducido de personas que se dedican a esta tarea y que aprecie la obra de aquellos, de la misma manera que disfruta de la música, de la literatura y del arte en general. No creo que mi trabajo haya alcanzado la excelencia de un pintor como van Gogh, o la de un músico como Mozart, pero es algo a lo que aspiro, si se me da la oportunidad, no sometíendome a contradicciones. Por ello he tenido que publicar X trabajos en revistas internacionales y producir Y graduados, como un recurso para tener la oportunidad de crecer, científicamente hablando, hasta que pueda desarrollar trabajos de la calidad mencionada. Desafortunadamente, he visto cómo muchos de mis colegas se han perdido en la contradicciones, y sólo esperan cumplir con lo que se les ha impuesto sin importar cómo, en aras de un posible progreso económico y dando como consecuencia lo que se podría llamar corrupción científica. Por ejemplo, algunos investigadores han llegado al extremo de robar ideas de otros, de graduar a investigadores que no están suficientemente preparados con el objeto de cumplir con su cuota anual, de ocultar información a sus colegas para que no publiquen, o de asociarse para poner sus respectivos nombres en dos o tres publicaciones cuando en realidad sólo han traba-

jado en alguna de ellas, y otras muchas cosas por el estilo."

—¿Pero entonces cómo podemos evaluar el trabajo de los científicos?

"Todo a lo que me he referido, es algo que es invaluable. Seguramente el dueño del diario en el que usted trabaja calcula el precio de cada ejemplar, en términos de la cantidad de hojas (papel) que se utilizan, los trabajadores que participan en su publicación, los precios de distribución y lo que espera ganar. Pero tratándose de un producto que yo llamaría cultural, en el cual hay manifestación de ideas, muchas de ellas motivadoras de reflexión, y en la que se expresan políticos, escritores, artistas, historiadores, y hasta científicos, le aseguro que sería muy difícil asignarle un precio al mismo ejemplar. Así también es difícil evaluar y determinar el costo de lo que la actividad científica produce. La razón por la que cada vez hay más personas sin vocación para la ciencia dentro de los centros de investigación, es precisamente que la actividad científica se ha *economizado*; es sólo una actividad productiva más, en la que se paga de acuerdo a la cantidad de mercancías producidas. Para colmo, la aplicación de criterios cuantitativos (como los

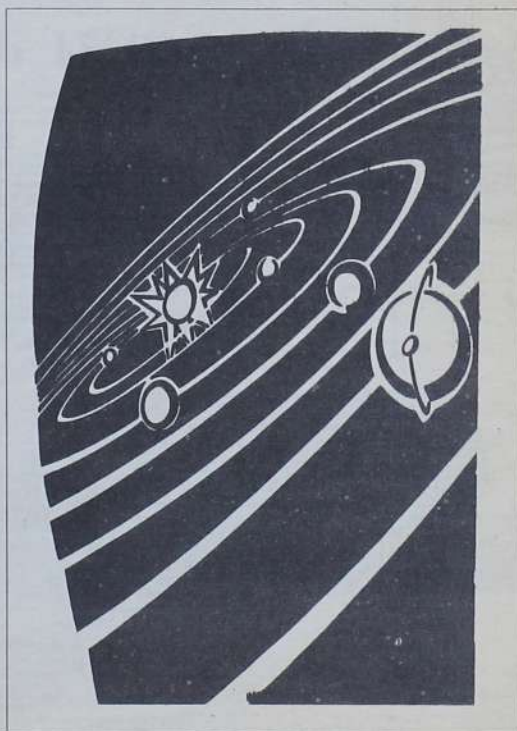
propuestos dentro de nuestro Sistema Nacional de Investigadores), está cayendo en desuso incluso en la industria y la empresa modernas. Hay que recordar en este sentido dos conceptos importantes en la búsqueda de calidad total propuestos por Deming. El primero es que en cualquier trabajo se debe contar con las personas más motivadas y capaces para realizarlo, y el segundo es que a estas personas no se les debe exigir cantidad, sino calidad. La forma de determinar la calidad de algún producto se basa en el grado de satisfacción que estos producen tanto en el usuario (comprador) como en el que lo produce. Por otro lado, la determinación de las personas motivadas y capaces podría ser muy simple. Por ejemplo, imaginemos un experimento (idealizado) para saber entre un grupo de niños quiénes tienen habilidad y gusto por la música, pudiendo llegar a ser compositores, intérpretes, cantantes, etc. Para ello, traiga a ese grupo y póngalo en contacto con diversos músicos, y vea quienes se muestran interesados e incluso disfrutan de lo que oyen. Luego, entre los que hayan mostrado interés, proporciónales instrumentos, y después de una semana pídeles que traten de interpretar algo. Posiblemente habrá varios que ejecuten obras muy simples y que además lo hagan con gran satisfacción, otros en cambio tal vez lo intenten pero les será dificultoso. Es seguro que este gusto y habilidad para la música se conservará hasta la edad adulta y que si se les da una educación adecuada y se aprecia su trabajo, llegarán a desarrollar obras maestras en algún momento de su vida. De la misma forma se puede proceder para determinar quiénes desean y aprecian la actividad científica, y consecuentemente podrán realizar un excelente trabajo en este campo. Después bastará con ponerles en contacto con los laboratorios o las computadoras para que desarrollen su habilidad."

-Realmente no imaginé que sería tan interesante y polémico hablar acerca de la ciencia cuando me propuse entrevistarlo. Creo que he captado todas las ideas que ha esbozado, y tal vez en algunas de ellas no estoy de acuerdo, pero tendría que pensarlo mejor. En otra ocasión me gustaría comentarlo con usted, e incluso tal vez conocer su propio trabajo de investigación. De

cualquier manera haré mi mejor esfuerzo para transcribir esto que espero sea de mucho interés para mis lectores. Creo que es hora de despedirme.

"Le agradezco su interés y atención, y con mucho gusto espero sus comentarios, ¡que le vaya bien!, le dije, levantándome para despedirme de él.

La conversación se había hecho larga y el calor era cada vez más intenso ese día. Me sentí realmente cansado, por lo que salí de mi oficina con la intención de ir a comer, y también de continuar con mis reflexiones motivadas por aquella entrevista. Al día siguiente compré el diario en el cual aparecería y la leí. Me di cuenta de que algunas cosas eran difíciles de entender al leerlas, pero aún así sentí que en términos generales estaba bien. Con el tiempo he seguido pensando, y he llegado a nuevas conclusiones que espero narrar algún día cuando el reportero regrese como dijo. ❁



# XII

## FERIA INTERNACIONAL DEL LIBRO CIENTIFICO Y TECNICO

Del 14 al 21 de octubre de 1993



Centro Cultural "Jaime Torres Bodet"  
Av. Instituto Politécnico Nacional  
esq. Wilfrido Massieu, Zacatenco, D.F.

### INFORMES

Comité Organizador  
Instituto Politécnico Nacional  
Dirección de Bibliotecas y Publicaciones  
Tresguerras No. 27, Centro Histórico  
06040 México, D.F.  
Tels. 709-10-32, 709-05-39 Ext. 153  
Fax. 709-48-07

Suscríbese a :

# AVANCE Y PERSPECTIVA

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

## Suscripción anual (6 números)

México: N\$ 30.00

Norte y Centroamérica: \$ 20 US dólares

Europa y Sudamérica: \$ 30 US dólares

Nombre: \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_ Delegación \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Cheques y Giros Postales (Administración de Correos 14)  
a nombre del CINVESTAV.

## CAMBIO DE DOMICILIO:

Envíenos su nueva dirección a:

Avance y Perspectiva, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México D.F.  
o llámenos al Tel/Fax 752 74 43, Tel. 754 02 00 Ext. 2536

### CUPON DE CORRECCION

Nombre: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

Colonia: \_\_\_\_\_ Delegación: \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

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

# Maestría en comunicaciones

- Sistemas de Comunicación por Microondas y por Satélites
- Propagación
- Sistemas de Radiocomunicación
- EMC de Sistemas de Radiocomunicación
  
- Teoría de Señales
- Teoría Estadística de las Comunicaciones
- Teoría de Colas y Teletráfico
- Fundamentos de Sistemas de Transmisión
  
- Comunicación de Datos
- Redes de Computadoras
- Telefonía Digital
- Comunicaciones Ópticas
  
- Comunicaciones Móviles
- Redes de Servicios Integrados
- Diseño de Circuitos Integrados (VLSI)
- Nuevos Servicios de Telecomunicaciones



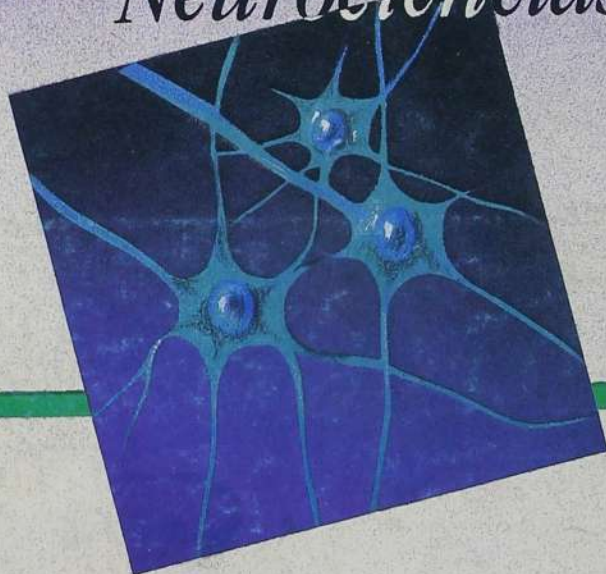
Para mayores informes: Coordinador Académico del  
Depto. de Ingeniería Eléctrica Sección de Comunicaciones

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



MA Y DOCTORADO  
*en*  
**Fisiología, Biofísica y  
Neurociencias**

Centro de Investigación y  
Estudios Avanzados del IPN



**E**l departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias (DFBN) del CINVESTAV tiene una planta de investigadores interesados en el desarrollo de la investigación científica en las áreas de Biomédica, Fisiología, Biofísica y Neurociencias. Para ello, cuenta con una biblioteca bien dotada y actualizada, equipo e instalaciones adecuadas para la ejecución de técnicas experimentales de vanguardia, talleres de mecánica y electrónica y bioterio.

#### CALENDARIO ESCOLAR

Los programas se desarrollan por semestre.  
Los cursos dan comienzo en enero de cada año.  
La selección de aspirantes se realiza en la primera semana de septiembre.

#### REQUISITOS DE ADMISION

Título de licenciatura en alguna de las ramas de la Física, Biología, Ciencias exactas o Ciencias Biológicas, o bien poseer una preparación equivalente. Los interesados deberán presentarse para una evaluación de conocimientos básicos y

entrevistas personales. se requieren conocimientos del idioma inglés (mínimo traducción).

#### BECAS: CONACyT

#### Para mayor información:

Dirigirse al departamento de Fisiología, Biofísica y neurociencias, Coordinación Académica.  
Av. IPN No. 2508 esq. Clz. Ticomán  
Apdo. Postal 14-740, C.P. 07000 México, D.F.  
Tel. 754 02 00 exts. 5186, 5160, 5138  
Telex: 17772826 PPTME