



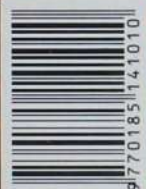
AVANCE Y PERSPECTIVA

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



Volumen 21
Julio-agosto de 2002
México ISSN 0185-1411
\$ 25 pesos

Manejo sustentable
del ecosistema costero
de Yucatán



9770185141010

Topics in MATHEMATICAL Physics GENERAL RELATIVITY AND COSMOLOGY

ON THE OCCASION OF THE 75TH BIRTHDAY OF
JERZY F. PLEBAŃSKI

September 17-20, 2002, Cinvestav, México City

Invited Speakers

A. Ashtekar, USA
E. Ayón-Beato, Mexico
S. Bazański, Poland
N. Bretón, Mexico
R. Capovilla, México
P.T. Chruściel, France
R. Cordero, Mexico
A. Corichi, Mexico
G. Dito, France
M. Dunajski, UK
F. Ernst, USA
D. Fernández, Mexico
D. Finley, USA
S. Frittelli, USA
J. N. Goldberg, USA
A. Güijosa, Mexico
P. Jaranowski, Poland
J.K. Kowalczyński, Poland
A. Kasiński, Poland
J. Lewandowski, Poland
A. Macias, Mexico
J.M. Maldacena, USA
V. S. Manko, Mexico
M. Moshinsky, Mexico
E.T. Newman, USA
P. Nurowski, Poland
Z. Oziewicz, Mexico
A. Pérez, USA
H. Quevedo, Mexico
T. Ratiu, Switzerland
J. Rembieliński, Poland
D.C. Robinson, UK
I. Robinson, USA
L.F. Rodríguez, México
O. Rosas, Mexico
M. Rosenbaum, Mexico
N. Sibgatullin, Mexico/Russia
J.J. Slawianowski, Poland
J. Stachel, USA
D. Sternheimer, France
R. Suárez, Mexico
G. F. Torres del Castillo, Mexico
A. Trautman, Poland
F. J. Turrubiates, Mexico
C. Vafa, USA
S.L. Woronowicz, Poland



Organizing Committee

H. García-Compeán
A. García Díaz
T. Matos Chassin
B. Mielnik
M. Montesinos, Mexico
A. Odziejewicz, Poland
M. Przanowski, Chairman, Mexico/Poland

Sponsors

Conacyt, Cinvestav

Further Information

<http://www.fis.cinvestav.mx/eventos2/75aniversario.htm>



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del IPN
CINVESTAV

DIRECTOR GENERAL
Adolfo Martínez Palomo
SECRETARIO ACADÉMICO
René Asomoza
SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Marco Antonio Meraz
SECRETARIO ADMINISTRATIVO
Mario Alberto Osorio Alarcón

AVANCE Y PERSPECTIVA

DIRECTOR EDITORIAL
Miguel Ángel Pérez Angón
EDITORIA ASOCIADA
Gloria Novoa de Vitagliano
COORDINACIÓN EDITORIAL
Martha Aldape de Navarro
DISEÑO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN
Rosario Morales Álvarez
FOTOGRAFÍA
Carlos Villavicencio
Sección Fotografía
del CINVESTAV
CAPTURA
Josefina Miranda López
María Eugenia López Rivera
María Gabriela Reyna López

CONSEJO EDITORIAL

J. Víctor Calderón Salinas
BIOQUÍMICA
Luis Capurro Filograsso
UNIDAD MÉRIDA
Marcelino Cerejido
FISIOLOGÍA
María de Ibarrola Nicolín
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eugenio Frixióne
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
UNIDAD QUERÉTARO
Luis Herrera Estrella
UNIDAD ICAPUATO
Luis Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA
Angeles Paz Sandoval
QUÍMICA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Correo electrónico:

avance@mail.cinvestav.mx

Tel. y Fax: 5747 37 46

Consulte nuestra página de Internet:
<http://www.cinvestav.mx/publicaciones>

AVANCE Y PERSPECTIVA

SUMARIO

Volumen 21

julio-agosto de 2002

- 195 *Manejo sustentable del ecosistema costero de Yucatán*
Luis Capurro, Jorge Euán y Jorge Herrera
- 205 *Equilibrios de fase y procesos de cristalización*
V.A. Mishorunyi, I.C. Hernández del Castillo,
A. Yu. Gorbachev y A. Lastras Martínez

PERSPECTIVAS

- 213 *Redefinir a la institución*
Adolfo Martínez Palomo
- 216 *Vocación por el conocimiento y la investigación*
Reyes Tamez Guerra

DOCUMENTOS

- 219 *Informe de labores 2001*
Adolfo Martínez Palomo

DIÁLOGOS

- 241 *La física experimental en España*
Carlos Chimal

LIBROS Y REVISTAS

- 255 *Recordar hacia el mañana de Susana Quintanilla*
Miguel Ángel Pérez Angón

Portada: Foto de percepción remota, tomada del Thematic Mapper del 12 de abril de 1997, de la zona de Bocas de Dzilman, un área natural protegida de la costa noreste de la península de Yucatán con zonas de pastos marinos y manglares; agradecemos la colaboración del laboratorio de percepción remota del Dr. Jorge Euán de la Unidad Mérida del Cinvestav.

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral. El número correspondiente a julio-agosto de 2002, volumen 21, se terminó de imprimir en junio de 2002. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. *Editor responsable*: Miguel Ángel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508 esquina calzada Ticomán, apartado postal 14-740, 07000, México, D.F. Certificados de licitud del 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. 577-85 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. PP09-0071, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación*: COMRAMSON, S.A. de C.V., Plaza Buena Vista No. 2 Desp. 209, 210 Col. Guerrero, 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 enero-febrero del 2002 página 44. 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: \$ 150.00



Conferencia de Ingeniería Eléctrica "CIE 2002"

4-6 de septiembre de 2002



La Conferencia de Ingeniería Eléctrica (CIE) tiene como objetivo promover la vinculación entre los sectores productivo y académico del país ofreciendo a estudiantes, investigadores y profesionistas un foro propicio para presentar e informarse de los avances y nuevos desarrollos realizados en ingeniería eléctrica y áreas afines. La reunión comprende la presentación de ponencias libres así como de conferencias plenarias dictadas por especialistas de reconocido prestigio tanto nacionales como extranjeros.

A fin de mantener un alto número de participantes y para tener un buen ambiente de discusión, este año la "CIE-2002" se realizará en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Cinvestav. La asistencia al evento será gratuita para todos los interesados y sólo se cobrará una cuota de recuperación en los casos en que el participante decida adquirir las memorias de la conferencia.

En esta edición, algunos de los invitados para las conferencias plenarias son:

Ilesanmi Adesida

Department of Electrical Engineering
Microelectronics Laboratory, University of Illinois

Jean Lévine

Centre Automatique et Systemes
CAS-École des Mines de Paris

François Guillemin

Centre Régional de Lutte contre le Cancer
Nancy, Francia

Mengchu Zhou

Department of Electrical and Computer
Engineering
New Jersey Institute of Technology

Los interesados deberán enviar sus artículos en extenso, en español o en inglés, con un máximo de 10 cuartillas. Además de la ponencia, se deberá incluir en una hoja separada: los datos completos de los autores (adscripción, dirección postal, teléfono, fax y correo electrónico), palabras clave de clasificación temática y un resumen del trabajo con un máximo de 150 palabras.

Se aceptarán ponencias originales en cualquiera de las siguientes áreas: **Ciencias de la Computación, Comunicaciones, Control Automático, Bioelectrónica, Mecatrónica, Electrónica, Estado Sólido, Semiconductores, Sensores y Actuadores.**

Los trabajos serán evaluados por el Comité de Programa, y aquellos aceptados para su presentación serán publicados en las Memorias "CIE 2002". **Mayores informes en:**
<http://www.ie.cinvestav.mx/cie/Ejemplo-Instrucciones.PDF>

El Comité Organizador premiará a los mejores trabajos presentados por estudiantes en tres categorías: *Licenciatura, Maestría y Doctorado.*

Por el Comité Organizador
Ramón Peña Sierra

Informes y recepción de artículos:

Sra. Ma. del Carmen Quintero Martínez
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Cinvestav
Av. Instituto Politécnico Nacional # 2508, México D.F.
Teléfono: 57 47 38 00 extensiones: 6500 ;Fax: 57 47 71 02
e-mail: cie@mail.cinvestav.mx ; URL: <http://www.ie.cinvestav.mx/cie>

Manejo sustentable del ecosistema costero de Yucatán

**Luis Capurro, Jorge Euán
y Jorge Herrera**

Valioso recurso natural

Las autoridades competentes federales, particularmente la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), así como las del Gobierno del Estado de Yucatán, han buscado activamente soluciones que alivien el serio deterioro que está sufriendo el litoral marino del estado y que aseguren el manejo sustentable de ese importante sistema ecológico. A tal efecto nos han solicitado un estudio sobre el estado actual y la problemática a corto y largo plazo de la línea de costa y de la calidad del agua costera del litoral peninsular occidental. Este artículo pretende reflejar nuestro conocimiento sobre este problema y esperamos que pueda ser de utilidad para las numerosas comunidades situadas en esta zona. Queremos destacar que el medio ambiente costero ha llegado a ser el tema de más actualidad y de la más alta prioridad en el mundo entero, aun en los países más desarrollados, que como es bien conocido son los promotores y ejecutores de las grandes investigaciones de alta mar.

Se ha comprobado que la población mundial tiende a radicarse a lo largo de una franja costera (*hinterland*) del litoral de los continentes, que según estimaciones demográficas oscila entre el 30 y el 50% del total. No requiere mucha imaginación pensar que tremenda concentración de población en esa zona impacta fuertemente al ecosistema costero, en particular a su línea de costa, playas y aguas adyacentes. Este proceso es de alcance global y motivo de preocupación de los países

Los autores son investigadores del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav. El Dr. Luis Capurro es también miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*. Dirección electrónica: lcapurro@mda.cinvestav.mx

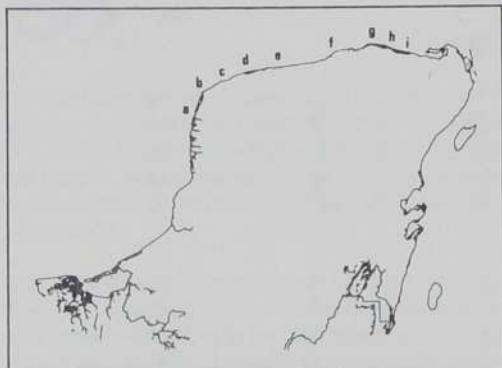


Figura 1. Perfil costero de la Península de Yucatán. Se indican con letras los sitios que son abordados en el presente artículo.

con litoral marítimo, de allí que el tema de manejo costero sostenible sea de gran actualidad en estos países, incluido el nuestro.

México cuenta con un extenso litoral marítimo, incluyendo dos grandes penínsulas, Yucatán y Baja California, con vocación e intereses en el mar bien conocidos. Existe una extensa bibliografía¹ acerca de la intensa actividad desarrollada sobre el manejo costero. Deseamos destacar que el recurso natural más valioso que posee nuestra península es su ambiente costero, en particular su litoral marítimo, incluyendo las playas, lagunas y aguas marinas adyacentes. Abona a favor de esta suposición la pobreza en otros recursos naturales y su tasa actual de desarrollo en la costa. Las actividades identificadas con gran potencial son el turismo recreativo, la acuicultura y el tráfico marítimo. Nos atrevemos a afirmar que en un par de generaciones todo el recurso humano en la Península estará dedicado a mantener operando la infraestructura costera. Este planteamiento ha sido compartido por el Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (CONACyT) y por el Banco Mundial (BM) en la evaluación y el apoyo financiero otorgado a nuestro proyecto de investigación sobre el tema².

Situación actual

El litoral occidental marítimo de Yucatán se caracteriza por la existencia de una isla de barrera³ que se extiende desde Cabo Catoche hasta la Laguna de Celestún (figuras 1 y 2). Ello es indicativo de un proceso sensible de

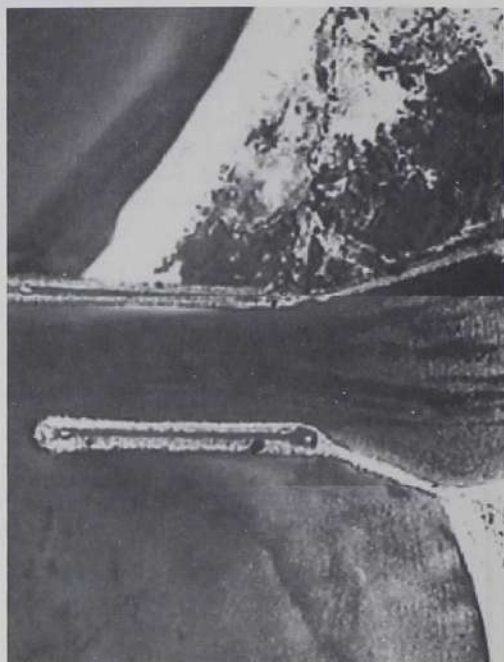


Figura 2. Canal de acceso al puerto de Celestún (sitio a en figura 1).

sedimentación. Un mapa histórico de principio del siglo pasado muestra la presencia de una amplia laguna costera que se extiende en forma continua a lo largo de todo ese litoral. El paisaje es el típico del ecosistema de isla de barrera (es decir, la secuencia playa - isla de barrera - laguna costera - continente). La evolución sufrida en ese siglo es característica de la isla de barrera que se va desplazando hacia el continente, por erosión de su costado que enfrenta al mar, y crecimiento (agregación) en su borde interno que mira hacia tierra firme (figura 3). La división de la gran y continua laguna costera en lagunas parciales, como Chelem, Chubumá y otras, es una indicación de ese proceso natural; la isla se desgasta en su lado oceánico y crece en su costado lagunar (figura 4). Desde Celestún hasta Campeche desaparece la isla de barrera y es reemplazada por un litoral sin playas con una línea de costa cubierta por manglares profusos que llegan hasta su contacto con el mar. Ello se debe probablemente a un gran derrame difuso de agua dulce del acuífero peninsular que en su contacto con el agua de mar crea condiciones de salinidad óptimas para el desarrollo del manglar⁴.

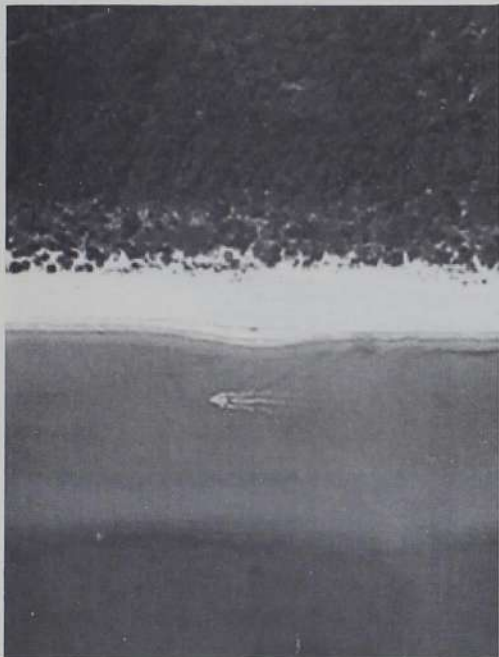


Figura 3. Reserva estatal de El Palmar (sitio b en la figura 1).

Este panorama costero se ve modificado por la presencia de la descarga de acuíferos de la península que propicia la existencia de vastos humedales. Este tipo de ambiente costero es típico de este litoral. Hasta la construcción del puerto de Progreso, la acción del hombre era insignificante, ya que la ocupación del ecosistema era a través de pequeñas comunidades de pescadores artesanales que varaban sus embarcaciones en las playas y por la producción artesanal de sal de traspatio. El reducido tráfico de cabotaje y de altura tenía lugar por Progreso y Sisal con instalaciones portuarias muy modestas (figura 5).

El primer impacto de cierta envergadura se produce con la construcción del extenso muelle de Progreso, que interrumpe el flujo normal de sedimento a lo largo de la costa y origina el proceso de agregación en su borde oriental y erosión en el otro costado. La posterior construcción del puerto de abrigo⁵ de Yucalpetén es otra perturbación al flujo de sedimento y da lugar a una zona de acumulación de sedimentos perfectamente explicable entre el muelle de Progreso y la escollera del puerto de

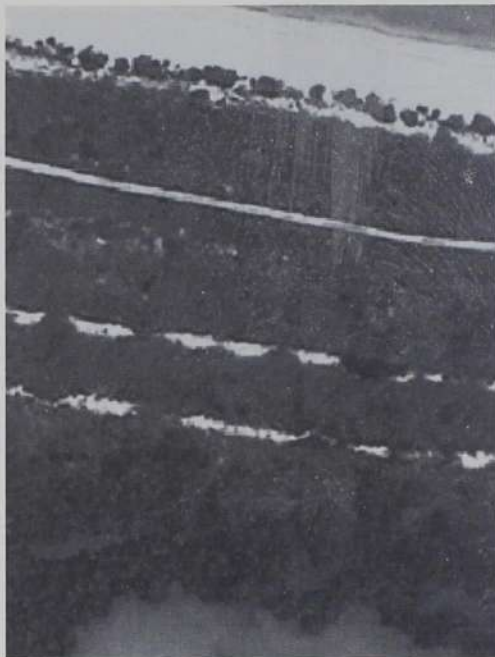


Figura 4. Isla de barrera con laguna interior, incluye borde interior con manglares, vegetación de duna y playa arenosa (sitio c en figura 2).

abrigo de Yucalpetén, donde los propietarios de viviendas se quejan de la ausencia de agua de mar por el crecimiento de su frente de playa. El puerto de abrigo de Yucalpetén generó serios procesos de erosión hacia el sur hasta varios kilómetros de distancia. La posterior construcción de los puertos de abrigo de Dzilam de Bravo, Telchac, Chuburná, Sisal y Celestún propagó este tipo de proceso, erosión – agregación a lo largo de todo el litoral y propició el cuadro caótico de la construcción de espolones y rompeolas de todo tipo. El daño causado por los puertos de abrigo⁵ al litoral es un ejemplo clásico de cómo una acción aparentemente beneficiosa para un sector, en este caso el pesquero, causa daños al resto del sistema natural. Este paliativo beneficio-daño ha dado lugar al nacimiento de un enfoque para estudiar grandes ecosistemas, que es un requerimiento indiscutible actualmente del manejo sostenible (figuras 6-10).

Durante todo este tiempo, que se extendió hasta fines de la década de los 80 y tal vez hasta 1995, se



Figura 5. Puerto de Progreso, principal puerto pesquero, turístico y de transporte. Al fondo se observa parte del viaducto a la terminal remota (sitio d en la figura 1).



Figura 6. Zona residencial y turística en Chicxulub protegida con batería de espigones (sitio e en la figura 1).



Figura 7. Foto de percepción remota (*Thematic mapper*) correspondiente a la zona de Bocas de Dzilman (12/04/97): área natural protegida, zona de pastos marinos y manglares (sitio f en figura 1).



Figura 8. San Felipe, Yucatán, población pesquera (sitio g en figura 1, foto de Karím Álvarez).



Figura 9. Foto de percepción remota (*Thematic Map*) correspondiente a la reserva federal de Rio Lagartos: lagunas costeras, manglares y playas (sitio h en figura 1).



Figura 10. Complejo salinero de Las Coloradas, Yucatán, segunda productora de sal en México (sitio i en figura 1).

construyeron viviendas y un hotel delante de la primera duna, situación intolerable, ya que en esa época se tenía clara la evolución de un ecosistema de isla de barrera ya mencionada. Esas construcciones están condenadas a desaparecer por la simple evolución natural del frente de la isla de barrera, agravada por las construcciones inapropiadas de defensa de playas. El caso extremo del huracán Gilberto en 1988 rompió la continuidad del frente de playa y propició la entrada masiva de agua salada de mar a las lagunas costeras.

Al mismo tiempo que tenía lugar este proceso de modificación de la línea de costa, se producía otro fenómeno mucho más sutil pero mucho más dañino: la modificación de la calidad del agua costera como resultado de la descarga, ya sea directa a través de ríos o difusa por acuíferos y humedales, o proveniente de los residuos propios de la vida del hombre y de sus crecientes actividades en la zona costera. La disminución de la calidad del agua costera afecta no solamente a la biota marina, sino también a la población humana ya que es responsable de la aparición de nuevas enfermedades y el recrudecimiento de otras ya conocidas. Un estudio de la Escuela de Medicina Ambiental de la Universidad de Harvard hizo evidente esta situación al detectar problemas a la salud (cólera) en la zona de Río Lagartos, Yucatán. Este problema, bautizado con el nombre de *eutrofización*, es el desafío mayor que enfrenta la ecología marina y tiene muy alta prioridad en las investigaciones de la salud del ambiente costero del mundo¹ (figuras 11 y 12).

Se destaca que además de las amenazas antropogénicas (generadas por el hombre) mencionadas arriba, tienen lugar otros fenómenos naturales-antropogénicos, tales como el calentamiento global de la atmósfera y el ascenso acelerado del nivel del mar que, si bien son más sutiles, continúan su acción implacable sobre el medio marino, en particular el costero. Esto se ha mostrado claramente en el muelle de Miami, EUA, en un intervalo de 32 años. Otro motivo de preocupación es la extracción masiva de combustibles fósiles (petróleo y gas) en alta mar, en este caso en el Banco de Campeche; la disminución del volumen líquido en dicha región propicia el hundimiento del Banco y elimina el factor de amortiguamiento de ese medio contra los movimientos sísmicos, como ya sucedió con la extracción de agua de los acuíferos en la ciudad de México. En el aspecto social, ha existido una falta de sensibilidad y de conocimiento

ambiental de las autoridades estatales, que han sido indiferentes a las necesidades de los usuarios de la costa. Esto es un problema serio que afecta al recurso natural más valioso de la península. En síntesis, podemos concluir que los aspectos y problemas actuales que caracterizan al litoral yucateco son los siguientes:

(1) El recurso natural más valioso que en todo momento prevalece en la Península es el ambiente costero, en particular la isla de barrera que incluye playas, lagunas costeras y aguas marinas adyacentes.

(2) Las actividades prioritarias para su desarrollo son el turismo recreativo, la acuicultura marina y el tráfico marítimo, los cuales pueden constituir a su vez las amenazas más dañinas al ecosistema.

(3) Ausencia de un plan de ordenamiento costero.

(4) Presencia de serios problemas de modificación de la línea de costa por procesos de erosión-agregación, generados por las actividades humanas y en menor escala por causas naturales.

(5) Se observa una pérdida de la calidad del agua costera por los residuos generados por la creciente población (*eutrofización*). Ello afecta a la salud del ecosistema y de la población humana.

(6) Existe una fuerte presión social ya que los procesos arriba mencionados afectan directamente a los bienes de los usuarios del litoral marino.

Situación a largo plazo

Este aspecto del problema es evidentemente el más importante de todo el ejercicio, ya que debemos identificar cuál será el destino de las futuras generaciones en la península, justamente ahora que podríamos decir que estamos pasando de un tipo de vida provinciana al de una gran ciudad, valga la comparación. Con ello se pretende destacar que no podemos suponer que la naturaleza y el ritmo de desarrollo seguirán como han sido hasta el presente. El salto que hay que dar es tal vez brusco, pero también lo es el ritmo de desarrollo que estamos experimentando. Tal vez para resolver problemas acuciantes se deban adoptar ciertas medidas no muy

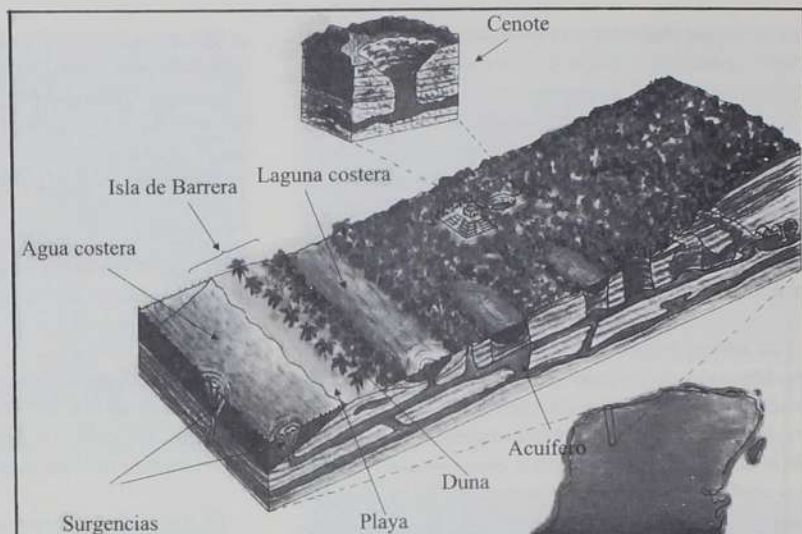


Figura 11. Borde costero de la península de Yucatán (dibujo de Héctor Mares).

aceptadas; sin embargo, deben, en lo posible, satisfacer o ser relevantes a las metas a largo plazo; es decir, no producir daños o deterioros que tendremos que corregir más tarde a un costo mucho mayor. Un ejemplo de este razonamiento ha sido evitar la construcción de rompeolas y realimentar con arena algunas playas en su lugar, solución que alivia el problema actual y no causa daños permanentes (figura 11).

Estas medidas no se consideran en la planificación que normalmente se hace en cada cambio de gobierno, donde los planes de desarrollo son a corto plazo, sin considerar objetivos más altos a largo plazo. Es por ello que asumiremos el destino de nuestro estado a largo plazo basándonos en su vocación natural y su importancia como área de desarrollo. En lo posible aprovecharemos las experiencias de casos similares, como el de la Península de Florida, EUA. El análisis de nuestra problemática futura a largo plazo, efectuado con el proceso arriba descrito nos lleva a la conclusión de que nuestro destino está íntimamente ligado al ambiente costero, que se convierte así en el recurso natural más valioso a largo plazo. Este ejercicio es una responsabilidad de las autoridades estatales y debe gozar de la más alta prioridad, ya que si no sabemos hacia qué dirección apunta nuestro futuro, el desarrollo que se adopte puede ser totalmente inapropiado.

Como ya se ha dicho, suponemos que la vocación natural de toda la península es marina, es decir, que el mar jugará un papel preponderante, en particular su litoral marítimo y aguas adyacentes. Su posición tropical le otorga ventajas grandes para el turismo recreativo, que es una fuente de ingreso de gran potencial con relación a otras actividades lucrativas. El colapso en el ámbito global de las pesquerías, y las pocas esperanzas para su recuperación, han dado también a la acuicultura un lugar destacado ya que la península ofrece grandes posibilidades para esta actividad. La tercer área de desarrollo, cuya magnitud es difícil de predecir, es la portuaria, que constituye una herramienta básica para la explotación de los grandes intereses marítimos del país. En términos de ingresos per capita, el turismo aventaja por mucho a las otras dos actividades (figuras 10 y 11).

Otra posible área de desarrollo es la explotación del petróleo en alta mar como extensión de los campos petrolíferos en el Banco de Campeche. Si esto ocurre, y esto lo puede confirmar PEMEX, es probable que la recepción del crudo tenga lugar en las instalaciones del puerto de Progreso, lo que se sumaría a la expansión impredecible del complejo portuario. Es importante destacar que en la actualidad la playa popular de Progreso constituye la principal atracción recreativa de gran parte de la población de la ciudad de Mérida, que perdería este papel con el desarrollo portuario.

Tanto la maricultura, como las actividades portuarias, son antagónicas al turismo, y por lo tanto sus zonas de actividad quedan descalificadas como áreas aptas para el turismo. Con esta idea directriz asumimos que el estado de Yucatán en el largo plazo, por ejemplo a finales de la década de los 20, tendrá las siguientes características.

(1) Más de la mitad de su litoral marítimo estará dedicado al turismo recreativo, es decir, con grandes condominios, residencias privadas, hoteles, marinas, arrecifes artificiales y otras instalaciones propias del turismo costero. Estimar el alcance de esta actividad en un país como México, con una alta tasa de crecimiento demográfico y con una voluntad muy razonable de convertirse en potencia mundial, requiere de una visión provocativa y una gran dosis de sentido común.

(2) Las lagunas costeras adyacentes, fuente de crecimiento y protección de las especies comerciales de peces de la región, deberán adaptarse al paisaje turístico, propio del desarrollo mencionado en (1). Esto contribuirá a la desaparición de la pesca artesanal.

(3) La pesca artesanal habrá desaparecido y la poca que exista será explotada en forma semi industrial, basada en el puerto de abrigo de Yucalpetén.

(4) La cuarta parte de su litoral se dedicará al cultivo controlado de la biota marina, en particular peces y mariscos (maricultura).

(5) El puerto de Progreso se extenderá probablemente hacia el oeste para generar un típico ecosistema portuario, cuyas características son antagónicas a las requeridas por el turismo costero. En este contexto, la zona de agregación de sedimentos entre el puerto de altura y el puerto de abrigo se rellenará para convertirlo en depósito de contenedores. La dificultad y el costo asociados a la construcción de otros puertos, debido a las características del suelo submarino, promoverán la expansión del puerto actual de Progreso, que será el único de altura, cabotaje y petrolero. Los pequeños puertos de abrigo se convertirán en marinas turísticas.

(6) Estas perspectivas de desarrollo condicionarán el tipo de vida en el estado, que deberá considerar cómo responder a esta nueva fuente de trabajo; a su vez, se requerirá de casi todos sus recursos humanos para mantener la infraestructura turística mencionada.



En resumen, se puede inferir que será realmente dramática la evolución de la forma de vida del estado para ajustarse a su vocación natural y al modo de vida futuro. La magnitud del cambio del ecosistema costero implicará adoptar una juiciosa política de manejo que realice paulatinamente esta transformación, acomodando soluciones políticas a corto plazo con las requeridas a largo plazo.

Las tres áreas de desarrollo, todas ellas de escala industrial, son muy dañinas al medio ambiente, de modo que su manejo sostenible requerirá de un conocimiento profundo de cómo opera cada una de ellas, y en ello la ciencia, la tecnología y la educación ambiental de los usuarios juegan un papel vital. Según esta estrategia las necesidades a largo plazo a resolver son:

(1) Promover la investigación científica y técnica del más alto nivel para minimizar los aspectos ofensivos al medio ambiente del turismo, la acuicultura, más específicamente maricultura, y del manejo portuario.

(2) Promover la educación ambiental, en especial del ambiente costero a todos los niveles de la sociedad. Ello está ampliamente justificado si tenemos claro que la costa es nuestro recurso más valioso.

(3) Definir una Línea de Control de la Construcción (LCC) en la línea de costa. Ella fijará los límites razonables



donde las construcciones estarán libres de la acción de la erosión marina y minimizará el peligro de las tormentas y otras amenazas de situaciones extremas.

(4) Asegurar una estrecha colaboración de todas las instituciones federales, estatales, municipales y la comunidad en el objetivo común de lograr el manejo sostenible del gran ecosistema costero.

Un modelo numérico

Como ya se dijo, el objetivo a largo plazo es manejar de manera sustentable el Gran Ecosistema Costero del oeste de la Península de Yucatán con base en la ciencia más avanzada en este campo. La mejor forma de lograrlo es a través de un *modelo numérico sustentable del sistema*.

Este modelo requiere datos confiables que caractericen al ecosistema y consideren su variación temporal, así como un monitoreo que compruebe su validez. Esta información se obtiene en la actualidad con mediciones continuas de las variables del modelo, al menos de las más relevantes.

No creemos que los datos históricos existentes sobre este ecosistema puedan ser de mucha utilidad para el modelo sostenible, ya que la mayoría de ellos son de carácter puntual y de corta duración. No hemos podido conseguir los datos ambientales que se tomaron en cuenta para la construcción del muelle de Progreso y de los otros puertos de abrigo, si es que existen, ya que en la época en que fueron considerados no existía el enfoque del modelo matemático. Lo más avanzado en la ciencia en ese tiempo era la reproducción dinámica en un modelo físico material del área en donde se iba a construir el

puerto. Por tal motivo es necesario tratar de conseguir esa información histórica para incorporarla al Banco Regional de Datos y para ayudar al menos en la formulación del modelo conceptual del ecosistema.

La esperanza de conseguir los datos con la calidad que los necesita el modelo previsto radica en la medición continua (series temporales) de las variables; esto se realizará con el modelo instrumental que usará el equipo de trabajo de Cinvestav en su proyecto de investigación en esta región.

Recomendaciones

En vista de la complejidad de los procesos que intervienen en esta zona y de los fracasos que han ocurrido aun en proyectos bien concebidos, nuestra firme posición fue y es la de no aceptar soluciones intuitivas ni de expertos. Sin embargo, debemos reconocer que por poderosas razones políticas hay que hacer algo inmediato que alivie la presión social que se ha generado. En tal sentido, y como una solución de compromiso con la propuesta de manejo sostenible antes mencionado, recomendamos:

(1) En el problema de la erosión, recuperar playas críticas con alimentación de arena proveniente del mar o del dragado de puertos azolvados; la idea directriz para evitar la erosión costera es no interrumpir el flujo natural del sedimento. Para facilitar el desarrollo de un programa de atención a las playas es necesario un inventario de las condiciones de los segmentos de playa. Un vuelo a baja altura, con tomas verticales, puede ser la base para conformar dicho inventario.

(2) En la medida de lo posible, adoptar en el corto plazo una aproximación precautoria (ingeniería suave) en las intervenciones de la costa, tales como alimentación de playas, reforestación de dunas, mantenimiento periódico de la profundidad de las dársenas, arrecifes artificiales removibles y conservación de la vegetación sumergida.

(3) En cuanto a la calidad del agua, conviene informar periódicamente de su estado de salud (eutrofización) para demostrar el interés de las agencias responsables en monitorear la salud de su agua marina costera. Estas acciones permiten tomar medidas preventivas y even-

tualmente de remediación para no producir daños permanentes o costosos de eliminar.

(4) El Estado de Yucatán debe definir qué se espera de la entidad a largo plazo. La medida más urgente es la confección del Ordenamiento Territorial Costero. Esta acción es de máxima prioridad pues se siguen otorgando permisos de desarrollo que afectan seriamente la viabilidad de otros más prioritarios (permisos de desarrollo de acuicultura en áreas de gran vocación turística). Este es un ejemplo de la virtud de visualizar y modelar el Gran Ecosistema y no un pequeño subsistema, ya que se hace evidente el impacto en el gran sistema natural de un desarrollo aparentemente beneficioso para un subsistema.

(5) Prohibir cualquier construcción permanente en el frente de playa, delante de la primera duna y apurar la identificación de la Línea de Control de Construcción (LCC). Esto se puede lograr apoyando los trabajos que al efecto se están llevando a cabo en el proyecto de los autores de este artículo. Esta línea fija el límite que establece a partir de qué distancia de la línea de bajamares no se puede hacer construcciones.

(6) Propiciar la emisión de leyes estatales que generen acciones con fuerza de ley, para apoyar la concreción del manejo sostenible. Además se debe involucrar al Poder Legislativo, poco visible en esos problemas ambientales, para garantizar la toma de medidas indispensables, que de otra forma sería muy difícil lograrlas. El estado de Florida, por ley estatal creó en la Secretaría de Recursos Naturales el Departamento de Playas, el más adelantado actualmente en los EUA.

(7) Las agencias federales, estatales y municipales tales como SEMARNAT, SCT, CNA, INE, INEGI, deberán establecer acuerdos y contribuir con fondos, con instituciones académicas para el monitoreo de diversos aspectos del comportamiento del ecosistema. El estado de Florida, a través de su Departamento de Playas, desde hace más de 30 años otorga contratos de estudio del ambiente costero, en particular playas, a la Universidad de Florida, que de esta manera se constituye en el brazo científico de dicho departamento en la rama del ambiente costero.

Podemos elaborar información más amplia que la contenida en este artículo, pero para los fines de

divulgación que se pretenden creemos que es suficiente lo que volcamos en este documento.



Notas

1. En *Avance y Perspectiva* se han publicado cuatro artículos que abordan los problemas registrados en la ecología de la Península de Yucatán: V. Castillo y L. Capurro, **19**, 195 (2000); F. Dickinson et al., **19**, 203 (2000); M. Aranda Cicerol, **20**, 293 (2001); E. Batllori Sampedro y J.L. Febles Patrón, **21**, 67 (2002).
2. Proyecto Conacyt G34709-T. Evolución costera del litoral occidental de la península de Yucatán.
3. Una isla de barrera es una estructura sedimentaria que se forma en la costa de muchos lugares del mundo como consecuencia del transporte por las corrientes costeras de sedimentos muy finos, tales como arenas, limos, arcillas, productos de la erosión de la costa por olas, corrientes, mareas, procesos químicos, y vientos entre otros, que con el correr del tiempo van depositándose y consolidándose a lo largo y muy próximos a ella de la costa; esto da origen a la formación de lagunas costeras entre esta isla y el continente. Es muy común en litorales con amplias plataformas continentales.
4. Un manglar es una zona cubierta por mangle, una planta acuática tropical que crece generalmente a lo largo de la costa en aguas que van desde el agua dulce, salobre y salada y que impone ciertas características ambientales:

gran profusión de raíces que atrapan a los sedimentos y rellenan el espacio entre sus raíces y que además posee cualidades filtradoras de las impurezas que contiene el agua que las baña.

5. Los puertos de abrigo incluyen obras en el litoral que amplían y dragan los canales o aberturas que comunican al mar abierto con las lagunas costeras y que permiten la entrada de embarcaciones a la zona protegida de la laguna costera, donde se construyen muelles y otras facilidades para la estadía de las embarcaciones.



Equilibrios de fase y procesos de cristalización

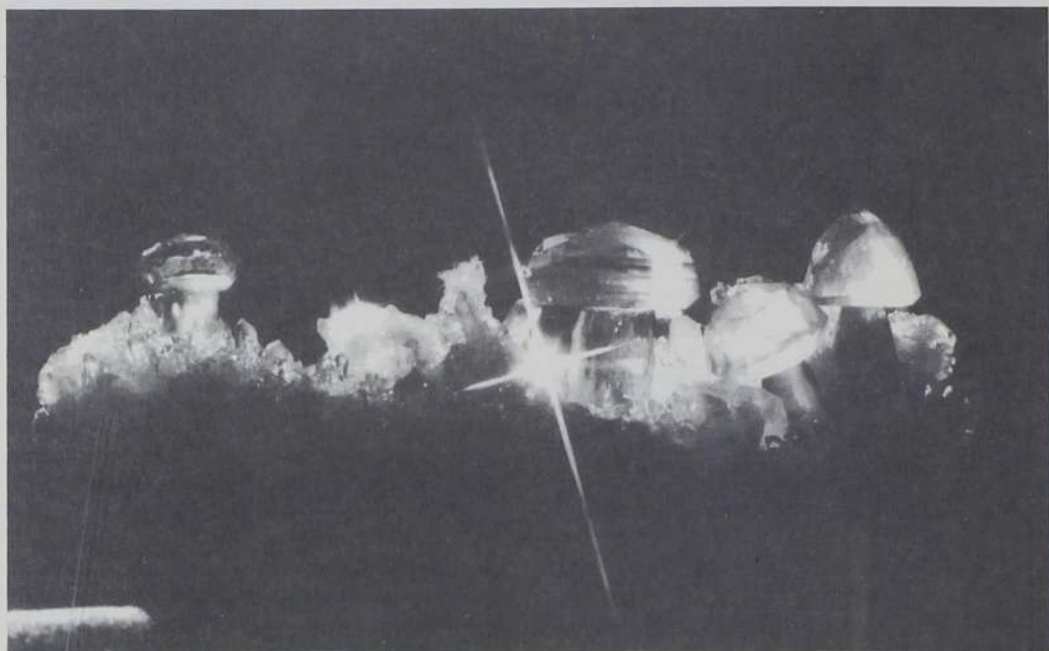
V.A. Mishournyi, I.C. Hernández del Castillo, A.Yu. Gorbachev y A. Lastras Martínez

Heteroestructuras

Los láseres semiconductores y otros dispositivos optoelectrónicos tienen una amplia gama de aplicaciones en los sistemas de comunicación por fibra óptica, la impresión y el procesamiento de información óptica, los sistemas de medición a distancia, así como en la excitación de otros tipos de láseres y fibras ópticas "activas", espectroscopía, el control de procesos tecnológicos, medicina y aplicaciones militares.

Los dispositivos optoelectrónicos se construyen a partir de heteroestructuras que contienen varias capas de diferentes materiales semiconductores. Los materiales semiconductores son cristales en los cuales los átomos están ordenados en forma periódica, esto es, en redes atómicas. Las características principales que describen a los cristales son el tipo y el parámetro de red. Para que sean aprovechadas al máximo las ventajas que ofrecen las heteroestructuras, es necesario que el tipo y el parámetro de red de los materiales que forman las capas coincidan con los del monocristal que es utilizado en calidad de sustrato. En tal caso la heteroestructura se llama ideal. Por ejemplo, generalmente los láseres semiconductores se forman a partir de 5 a 8 capas con espesores que van desde una fracción hasta algunos micrómetros. La región activa de un láser puede tener un espesor que no sobrepasa algunas decenas de angstroms. En algunos otros casos, para construir láseres se utilizan heteroestructuras mucho más complicadas que en ocasiones llegan a contener cientos de capas diferentes,

Los autores son investigadores del Instituto de Investigación en Comunicaciones Ópticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Alvaro Obregón 64, 78000 San Luis Potosí, S.L.P. México, Dirección electrónica: andre@cactus.iico.uaslp.mx



las cuales, como se señaló líneas arriba, deberán tener un mismo parámetro de red y tipo de estructura cristalina. Por lo general, las estructuras láseres de muchas capas se preparan a base de diferentes soluciones sólidas cuyo parámetro de red depende de su composición. Por esta razón, el acoplamiento de este parámetro entre las diferentes capas de la heteroestructura y el sustrato requiere de un control muy preciso de la composición de las soluciones sólidas empleadas en su fabricación.

Existen diferentes tecnologías de crecimiento de heteroestructuras semiconductoras. La fenomenología común en dichas tecnologías es la transición de fase, esto es, cuando los átomos presentan diferentes procesos de ordenamiento. En este artículo consideraremos el concepto de transición de fase.

Transiciones de fase

En la naturaleza existen cuatro tipos de fases: sólida, líquida, gaseosa y de plasma. En el crecimiento de cristales

sólo se consideran las tres primeras. En determinadas condiciones externas algunas de las fases de una sustancia pueden encontrarse en estado de equilibrio. Tomemos como ejemplo un vaso con agua a una temperatura de 80°C y a la que se le han añadido cristales de sal (NaCl). Estos cristales poco a poco van a disolverse hasta que se tenga una solución saturada de sal en agua. El concepto de solución saturada está relacionado con el llamado límite de solubilidad. Supongamos para mayor precisión que el límite de solubilidad de la sal en el agua a la temperatura de 80°C corresponde a 80 g. Esto significa que si añadimos 80 g de sal al agua, se van a disolver completamente. Si a esta solución se agrega un cristal más de sal ya no se disolverá, por más pequeño que sea. Se denomina solución saturada a la que ya alcanzó la solubilidad límite a una determinada temperatura. De esta manera, si mantenemos constantes las condiciones externas las dos fases consideradas, la líquida representada por la solución de sal en el agua y la sólida por el cristal de sal sin disolver, van a coexistir indefinidamente. Se denomina estado de equilibrio al estado alcanzado entre dos o más fases en condiciones externas

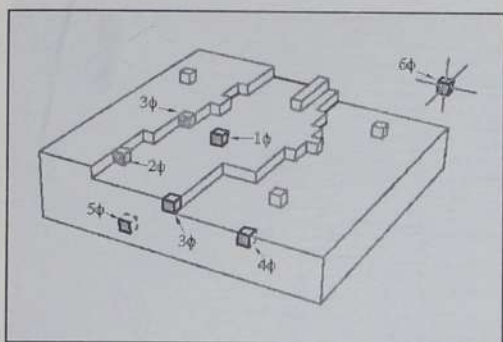


Figura 1. Modelo de crecimiento del cristal por capas.

constantes de temperatura, presión, concentración de los componentes en las fases, etc.

Este estado de equilibrio, por otro lado, se perderá si cambiamos la temperatura del sistema de dos fases. Esto es debido a que la solubilidad límite de la sal en agua se incrementa con la temperatura. De este modo, si aumentamos la temperatura del agua parte del cristal de sal se disolverá hasta que el agua alcance el nuevo límite de solubilidad. La curva que describe la dependencia con la temperatura de la solubilidad límite de la sal en el agua se le conoce como curva de solubilidad. A partir de ella es posible determinar cuál será en nuestro ejemplo la concentración de sal en agua cuando se alcance el equilibrio.

El ejemplo anterior nos ilustra el equilibrio entre una fase sólida y una solución saturada. Es posible obtener también un equilibrio entre una fase sólida y una líquida.

El ejemplo más simple es quizá el sistema agua-hielo a presión atmosférica y a una temperatura de 0°C. Igualmente, es posible que una fase sólida y una gaseosa o una líquida y una gaseosa coexistan en equilibrio. En todos estos casos se mantendrá el equilibrio entre las fases en la medida que la temperatura se mantenga constante, de otra manera éste se perderá.

Esto conduce a la transformación de una fase en otra. Por ejemplo, si se eleva la temperatura del sistema de dos fases en equilibrio:

→
cristal solución,
←

el equilibrio se desplaza en la dirección de la flecha que apunta hacia la derecha, lo que corresponde a la disolución del cristal. En otras palabras, al elevarse la temperatura un cierto porcentaje de la fase sólida pasa a ser líquida. Por el contrario, si se baja la temperatura, entonces parte de la fase líquida se transforma en sólida. A este último proceso se le llama cristalización. En términos generales, si consideramos las posibles transformaciones entre pares de fases, se tienen las siguientes posibilidades:

- Fase gaseosa → Fase líquida ——— Condensación
- Fase líquida → Fase gaseosa ——— Evaporación
- Fase gaseosa → Fase sólida ——— Cristalización
- Fase sólida → Fase gaseosa ——— Sublimación
- Fase líquida → Fase sólida ——— Cristalización
- Fase sólida → Fase líquida ——— Fusión o disolución

En el último caso la transición de fase recibe el nombre de fusión o disolución dependiendo de cómo se inició el proceso. Si inicialmente se tiene un cristal fundido y la temperatura de equilibrio corresponde al punto de fusión, a esta transición de fase se le va llamar fusión. Si el cristal se encuentra en equilibrio con la fase líquida desde un principio, entonces la transición del cristal de la fase líquida a la sólida se lleva a cabo por disolución (para este caso la temperatura de disolución del cristal se encuentra por abajo de su punto de fusión).

Cristalización por capas

Naturalmente que al considerar los procesos tecnológicos de la fabricación de heteroestructuras de muchas capas estamos hablando de procesos de cristalización. Hoy en día existen algunos modelos físicos que ilustran y explican estos procesos. Vamos a estudiar uno de estos modelos, que recibe el nombre de teoría de crecimiento de cristales por capas. En la figura 1 se muestra esquemáticamente la superficie del cristal durante el crecimiento y se representan los átomos por cubos. El modelo de crecimiento por capas supone que cada átomo del cristal tiene 6 enlaces, denotados cada uno de ellos por el símbolo ϕ ; un enlace corresponde a cada lado del cubo tal como se muestra esquemáticamente en la parte superior derecha de la figura 1. Como se deduce de cálculos teóricos, la superficie de un cristal real a cualquier temperatura debe tener algún tipo de relieve. Este relieve se representa en la

figura en forma de escalones con una altura de un solo átomo. Cada escalón tiene además una cantidad considerable de quiebres (salientes formados por un átomo a lo largo de un escalón). El escalón forma un ángulo de dos aristas mientras que el quiebre lo forma con tres. De las apreciaciones teóricas se deduce que en los cristales semiconductores típicos, al momento de estar creciendo, surge un quiebre entre cada 5 - 10 distancias interatómicas a lo largo del escalón.

Notamos de la figura 1 que en el caso de que un átomo se encuentre en el interior del cristal, todos sus 6 enlaces ϕ estarán ocupados y por tanto se encontrará óptimamente fijado a la red. Para el caso en que un lado del átomo salga a la superficie del cristal se emplearán sólo 5 enlaces ϕ dejando uno libre. Para el átomo que se localiza en la arista del cristal se tienen 4 enlaces ocupados y 2 libres, mientras que si el átomo se encuentra en una esquina del cristal o bien en un escalón, estos números son 3, 3, 2 y 4, respectivamente. Finalmente, un átomo localizado en la superficie del cristal emplea sólo un enlace para ligarse a ella. Todas las variantes enumeradas, excepto la primera cuando el átomo se encuentra en el interior del cristal, se ilustran en la figura 1.

De esta manera, el átomo sobre la superficie del cristal que está mejor sujeto a ella es el que se encuentra en el punto de quiebre del escalón, ya que en este caso se encuentra ligado por 3 enlaces ϕ . Imaginemos que el cristal se encuentra en equilibrio con una fase líquida o gaseosa y que en un momento dado, debido a un decremento en la temperatura, se crean las condiciones necesarias para que ocurra una cristalización. En un primer paso en el proceso de cristalización algunos átomos o partículas que se encuentran en la fase líquida o gaseosa se adhieren (se adsorben) a la superficie del cristal con un enlace ϕ . Se sabe que la energía de una partícula depende de la temperatura. De este modo, ya que el crecimiento de cristales se realiza a una temperatura considerablemente alta, las partículas adsorbidas tienen una energía relativamente grande, lo que les permite desplazarse por la superficie del cristal. Cálculos teóricos indican que la partícula adsorbida a una temperatura típica de crecimiento adquiere la energía suficiente para desplazarse por la superficie del cristal algunos cientos de periodos de la red cristalina. Durante este desplazamiento la partícula puede desprenderse de la superficie del cristal y regresar a la fase líquida o gaseosa de donde provino. Existe, sin embargo, otra posibilidad si la partícula al



desplazarse por la superficie del cristal encuentra en su camino un escalón. En tal caso, la partícula se liga a la superficie con dos enlaces ϕ con lo que su adherencia a ella misma se incrementa. Aun así, la partícula conserva suficiente energía para continuar desplazándose, sólo que ahora no lo puede hacer en cualquier dirección sino únicamente a lo largo del escalón. De este modo, la partícula continuará desplazándose hasta que encuentre un punto de quiebre en el escalón, con lo que pasa a ligarse a la superficie de cristal con tres enlaces ϕ . Después de esto la energía de la partícula ya no es suficiente para romper los enlaces y continuar desplazándose o bien desprenderse del cristal. Así, a medida que se reúnen más y más partículas en los puntos de quiebre de los escalones, éstos comienzan a desplazarse a lo largo de la superficie del cristal hasta formar una nueva capa. Al ocurrir esto el cristal empieza a crecer por capas; por ello a este modelo se le llama modelo de crecimiento por capas.



Cristalización volumétrica y epitaxial

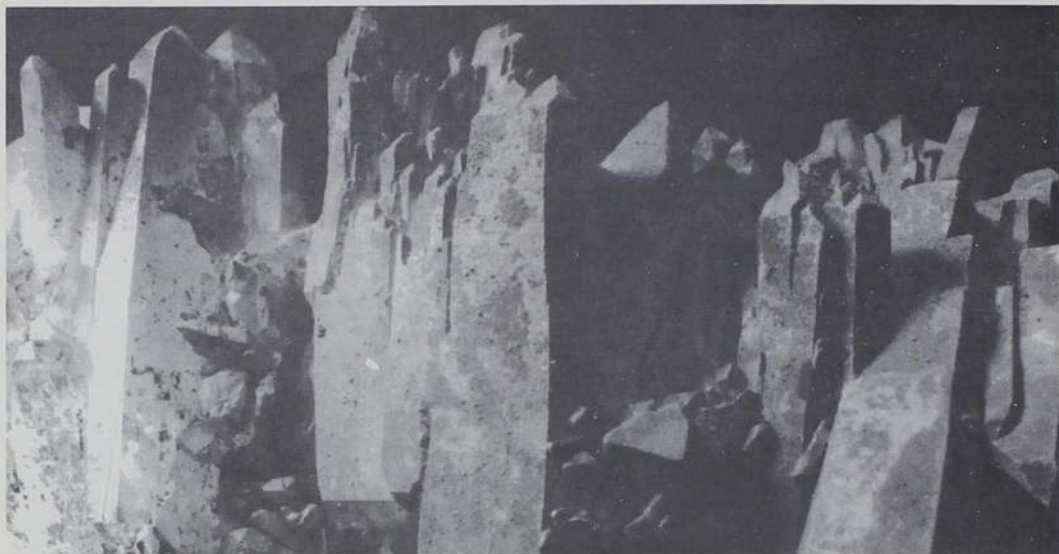
Imaginemos que calentamos cristales de sal (NaCl) hasta una temperatura superior a su temperatura de fusión ($T_f = 800^\circ\text{C}$), de tal manera que la sal se funda por completo. Si ahora comenzamos a bajar la temperatura hasta alcanzar el punto de fusión, en un momento dado se formará en el seno de la fase líquida un primer cristal de sal que comenzará a crecer según el modelo de crecimiento por capas descrito anteriormente. Este proceso de crecimiento habrá terminado cuando toda la fase líquida se haya cristalizado. Por consiguiente, los métodos de crecimiento de cristales de la fase líquida son los más eficientes si se consideran los costos de fabricación, ya que todo el volumen de la fase líquida se cristaliza. Se utilizan estos métodos cuando se tiene necesidad de obtener cristales de gran volumen y por esta razón a veces también reciben el nombre de métodos volumétricos de cristalización. La inconveniencia de estos métodos consiste en que se realizan a altas temperaturas y esto conlleva a una posible interacción durante el proceso de cristalización entre la fase líquida y el material del recipiente que la contiene, con la consecuente contaminación del material fundido. Así, si se utilizan los métodos volumétricos de cristalización no siempre es posible obtener cristales suficientemente puros.

En contraste con el método de crecimiento volumétrico de un cristal de sal, en el que es necesario llevar el NaCl hasta su temperatura de fusión de 800°C , en el método ya descrito de crecimiento a partir de una solución saturada están involucradas temperaturas relativamente bajas. En efecto, supongamos, como lo hicimos anteriormente, que la solubilidad límite de la sal en el vaso de agua a una temperatura de 80°C es igual a 80 g, mientras que a una temperatura de 100°C es igual 100 g. Llevemos a cabo el siguiente experimento: introduzcamos en un vaso con agua calentada hasta una temperatura de 100°C un cristal de NaCl con un peso de 150 g. Después de algún tiempo, $2/3$ de este cristal, es decir 100 g, se disolverán en el agua, con lo que la solución alcanzará la saturación. Si se mantiene una temperatura constante y se evita la evaporación del agua encerrando todo el sistema en un depósito hermético, la solución saturada y los 50 g remanentes del cristal parcialmente disuelto se encontrarán en equilibrio. Si ahora enfriamos el sistema hasta una temperatura de 80°C la solubilidad decrece a 80 g, de tal modo que los 20 g de sal de exceso en la solución pasarán a formar parte de la fase sólida, depositándose sobre el cristal de NaCl .

Como una variante del experimento anterior, preparemos una solución saturada de sal en agua a una temperatura de 100°C . En seguida, manteniendo constante la temperatura, introduzcamos cuidadosamente en dicha solución un cristal de NaCl , al cual llamaremos sustrato. Puesto que la solución está saturada, el cristal no se disolverá, manteniéndose por el contrario en equilibrio con la solución. Si ahora se enfría todo el sistema se depositará sobre el sustrato una película de NaCl .

Al crecer cristales a partir de soluciones saturadas el volumen de la fase sólida crecida va a ser menor que el que se obtendría si se utilizara todo el material disuelto. Supongamos a manera de ejemplo que la solubilidad de la sal en un vaso de agua a temperatura ambiente de 20°C corresponde a 20 g. Si se enfría nuestra solución saturada a 100°C hasta la temperatura ambiente, entonces se van a cristalizar 80 g de sal. Cuando este proceso termine, vamos a tener una película cristalina depositada sobre el sustrato, con un peso de sólo 80 g, y en equilibrio con una solución saturada a 20°C .

Es importante remarcar que, al contrario de lo que sucede cuando se obtiene un cristal a partir de un mate-



rial fundido, en el proceso de cristalización a partir de una solución saturada no se emplea todo el material disuelto. Esto implica que los métodos de crecimiento de cristales basados en soluciones saturadas son menos efectivos desde el punto de vista productivo que los métodos volumétricos. Es importante señalar, no obstante, que el solvente empleando en las técnicas de solución saturada no se consume durante el proceso y puede ser utilizado nuevamente, lo que contribuye a disminuir los costos de fabricación.

Hacemos notar, por otro lado, que las temperaturas involucradas en los procesos de solución saturada son considerablemente menores que aquellos empleados con las técnicas volumétricas. Esta circunstancia permite simplificar los problemas técnicos relacionados con el diseño y construcción del equipo necesario para el crecimiento de cristales. Además de esto, los cristales crecidos a bajas temperaturas tienen menos defectos y son más puros.

El método de crecimiento de películas sobre la superficie de un sustrato estudiado con el ejemplo del NaCl se llama epitaxia por fase líquida, ya que el proceso de cristalización ocurre a partir de una fase líquida. Si la cristalización ocurriera a partir de una fase gaseosa, estaríamos hablando de epitaxia por fase gaseosa.

Conclusiones

En este artículo hemos considerado los estados de equilibrio de fase y las transiciones entre tres fases: sólida, líquida y gaseosa. También explicamos un modelo físico que ilustra el proceso de cristalización sobre superficie del cristal. Además, describimos los procesos de cristalización volumétrica y epitaxial con el ejemplo del NaCl. Todas estas consideraciones están en el fondo físico de las tecnologías de crecimiento de las estructuras de los dispositivos semiconductores modernos.



Bibliografía

1. A. Molden y P. Morrison, *Crystals and Crystal Growth* (MIT Press, 1997).
2. F. Rosenberger, *Fundamentals of crystal growth I: macroscopic equilibrium and transport concentration* (Springer-Verlag, 1979).
3. I.V. Markov, *Crystal growth for beginners: fundamentals of nucleation, crystal growth* (Word Scientific, Singapur, 1996).

4. *Handbook of crystal growth 1: fundamentals*, D.T.J. Hurle, ed. (North Holland, Amsterdam, 1993).

5. A.W. Vere, *Crystal growth : principles and progress* (Plenum, Nueva York, 1987).

6. A.I. Kitaigorodsky, *Mixed Crystals* (Spring-Verlag, Berlin, 1984).

7. M.G. Astles, *Liquid-Phase Epitaxy Growth of III-V Compound Semiconductor Materials and their Device Applications* (IOP Publishing, 1990).

8. *International Summer School on Crystal Growth and Materials— Crystal growth of electronic materials*, Emanuel Kaldis (North-Holland, Amsterdam, 1985).

9. H.B. Callen, *Thermodynamics and an introduction to thermostatics* (John Wiley, Nueva York, 1985).

10. H. Reiss, *Methods of thermodynamics* (Dover, Nueva York, 1996).

11. M.W. Zemansky, *Heat and thermodynamics, an intermediate textbook* (McGraw Hill, Nueva York, 1997).





XVI

Reunión Anual de la División de Partículas y Campos, SMF

4 y 5 de julio de 2002

Unidad de Seminarios Ignacio Chávez
UNAM, C.U., México, D.F.

Conferencias por invitación:

*The standard model of electroweak
interactions: theory vs. experiment*
Jens Erler, Instituto de Física, UNAM

*High-accuracy calculations of the critical exponents
in Dyson's hierarchical model*
Juan José Godina, Departamento de Física, Cinvestav

Cuerdas no conmutativas y teorías de branas enrolladas
Alberto Güijosa, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

Fotoproducción de charm en experimentos de blanco fijo
Javier Magnin, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Quantum field theory in the string-inspired formalism
Christian Schubert, Instituto de Física, UMSNH

Una fase extraña de la materia
Genaro Toledo, Instituto de Física, UNAM

Mayores informes: <http://dpyc.smf.mx>
Comité organizador: Luis Cabral, ICN-UNAM
Lorenzo Díaz Cruz, IF-BUAP
Myriam Mondragón, IF-UNAM

Redefinir a la institución

Adolfo Martínez Palomo

Agradecemos cordialmente la presencia del secretario de Educación Pública, Dr. Reyes Tamez Guerra, del subsecretario de Planeación y Coordinación, del subsecretario de Educación e Investigación Tecnológicas de la misma secretaría, así como de los miembros de la Junta Directiva. Nuestra gratitud, sobre todo, por el apoyo decidido que recibimos de todos ustedes.

El Cinvestav culmina hoy un año dedicado a la conmemoración del cuadragésimo aniversario de su fundación con la más importante de nuestras reuniones: la graduación de maestros y doctores, en esta ocasión, de los ciclos 1999 a 2002. Un 17 de abril como hoy, pero de 1961, el fundador del Cinvestav, doctor Arturo Rosenblueth dijo al inaugurar el Centro, con palabras propias del médico que era:

"Creemos que el organismo es sano y está exento de vicios congénitos. Esperamos, por lo tanto que su crecimiento y desarrollo sean exuberantes".

Hoy podemos constatar que los buenos deseos del doctor Rosenblueth se han cumplido tal como él los previó. El organismo ha tenido no sólo un desarrollo sano, sino además exuberante, en la acepción española del término, es decir un crecimiento copioso y abundante. La mejor muestra de ello es la graduación de 619 maestros y de 255 doctores. Iniciada hoy con los egresados de la sede central, esta graduación continuará en las próximas semanas con los estudiantes que han cursado sus programas de posgrado en nuestras unidades de Mérida, Irapuato, Saltillo, Guadalajara o Querétaro.

El Dr. Adolfo Martínez Palomo es director general del Cinvestav. Texto leído en la ceremonia de entrega de diplomas, 17 de abril de 2002.



Gracias al trabajo y al empeño de su personal y a los apoyos recibidos a lo largo de cuatro décadas, el Centro se ha sostenido como la segunda institución productora de ciencia y formadora de maestros en ciencias en nuestras áreas de trabajo y la primera en eficiencia en la formación de doctores en ciencias de todo el sistema público de educación superior.

Para continuar con el lenguaje médico de nuestro fundador, un balance general nos permite reafirmar que el Cinvestav goza de cabal salud. Sin embargo, nuestros logros no ciegan la visión de nuestras carencias, que las hay y serias, como la presupuestal. Estamos empeñados, con nuestras autoridades, en analizar y solucionar estas insuficiencias y en encontrar las condiciones más adecuadas para su desarrollo. Debemos salvar el escollo burocrático que nos limita, bajo la premisa discutible de que el sistema público de educación superior es horizontal; hace años que nuestro desempeño nos ha colocado por encima de ese umbral.

La revisión del pasado realizada en este año de recuerdo ha rebasado el ámbito de la conmemoración para situarnos ante los problemas y desafíos que será necesario enfrentar para incrementar la fortaleza de la institución. El Centro no debe seguir funcionando como lo ha hecho durante sus primeras cuatro décadas, con la filosofía y las políticas establecidas desde su fundación, pues hoy las condiciones del país y el contexto mundial

son diferentes. Es necesario, desde ahora, redefinir a la institución, explorar nuevos horizontes y transformarla con creatividad. El futuro del Centro dependerá de su capacidad de renovación, de revisar el contenido de sus principales funciones (investigación, docencia, transferencia de conocimiento, difusión) y de responder a los retos nacionales y globales de la ciencia y de la tecnología.

El paso fundamental deberá ser la renovación de la planta académica. En buena medida, el futuro del Centro va a depender de cómo encontrar una forma exitosa de rejuvenecimiento no sólo de edades, sino también de ideas y de compromisos. Es necesario encontrar nuevas formas de organización para ser más productivos y aprovechar mejor los recursos. Convendrá evitar duplicaciones, reducir aislamientos y mejorar los mecanismos de comunicación interna.

También es imperativo modernizar las formas de evaluación del trabajo académico. Nuestros sistemas de evaluación de la actividad científica, tanto nacionales como institucionales, han fomentado una forma individual de hacer ciencia, sobre la base de la acumulación de puntos puramente cuantitativos.

Es fundamental fortalecer y modernizar a la institución actualizando sus estrategias y metas. Con el fin de mantenernos en la frontera del conocimiento será necesario prever la incorporación de nuevos campos y apuntalar

áreas que ya existen, pero están insuficientemente desarrolladas. También debemos incrementar una tarea que no hemos cumplido mas que de manera aislada: la comunicación del conocimiento, no sólo para los niveles educativos intermedios, sino en general para la sociedad.

Además, es necesario lograr que las normas administrativas externas se flexibilicen y simplifiquen, manteniendo siempre la absoluta transparencia en el manejo de los recursos. Una parte considerable de nuestra administración, en vez de atender las necesidades internas del Centro, tiene que estar dedicada a justificar las exigencias de entidades burocráticas, basadas en normas dictadas más para la industria que para instituciones de investigación. La multiplicación de los controles, el retraso en las entregas del presupuesto y las premuras para ejercerlo forman un pesado entramado que reduce nuestra eficiencia.

Estos son algunos de los desafíos. Enfrentarlos con éxito no será tarea fácil. No hay duda, sin embargo, de que el Centro tiene al equipo humano capaz de lograrlo. Contamos, además, con el interés, la comprensión y el apoyo de las autoridades de la Secretaría de Educación Pública, de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y de nuestra Junta Directiva.

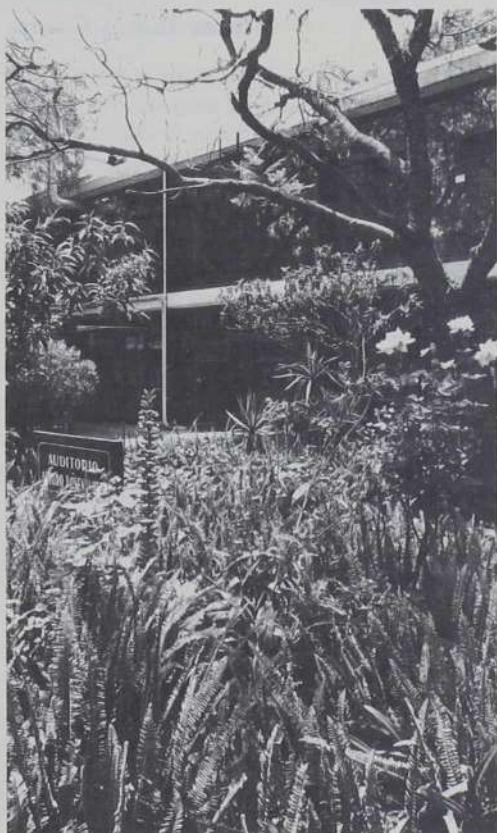
Que nuestro futuro sea de éxito dependerá de algo más que nuestros logros, medidos en números y en porcentajes. La vida sana de una institución como la nuestra se estima no sólo por el ascenso de sus indicadores numéricos; sino, sobre todo por el valor de sus contribuciones al conocimiento universal y al bienestar de la sociedad. Los cimientos de nuestro trabajo son, a fin de cuentas, nuestros valores. Estos valores, que esperamos haber inculcado a nuestros graduados son en buena medida los que definió el doctor Jaime Torres Bodet en los inicios del Cinvestav:

"La juventud necesita un aliento digno de los ideales de verdad y de libertad. Casa de estudio, sí. Casa de inteligencia, innegablemente. Pero al mismo tiempo, casa de solidaridad social en cuyo recinto aprenda el hombre a comprender su destino propio y a servir el de todos sus semejantes.

Pensamos en el tipo de mexicano que habremos de preparar en nuestros planteles: un mexicano en quien la enseñanza estimula la diversidad de las facultades de

comprensión, sensibilidad, carácter, imaginación y creación... dispuesto a la prueba moral de la democracia... interesado en el progreso de su país, apto para percibir sus necesidades y capaz de contribuir a satisfacerlas... resuelto a afianzar la independencia política y económica de la patria, no con meras afirmaciones verbales de su patriotismo, sino con su trabajo, su energía, su competencia técnica, su espíritu de justicia y su ayuda cotidiana y honesta a la acción de sus compatriotas. Un mexicano, en fin, que sepa ofrecer un concurso auténtico a la obra colectiva..."

Colegas graduandos: no dudo que al aplicar su inteligencia y conocimiento para forjar su destino individual como profesionales, colaborarán también a mejorar el rumbo colectivo de la sociedad. ¡Felicidades a todos!



Vocación por el conocimiento y la investigación

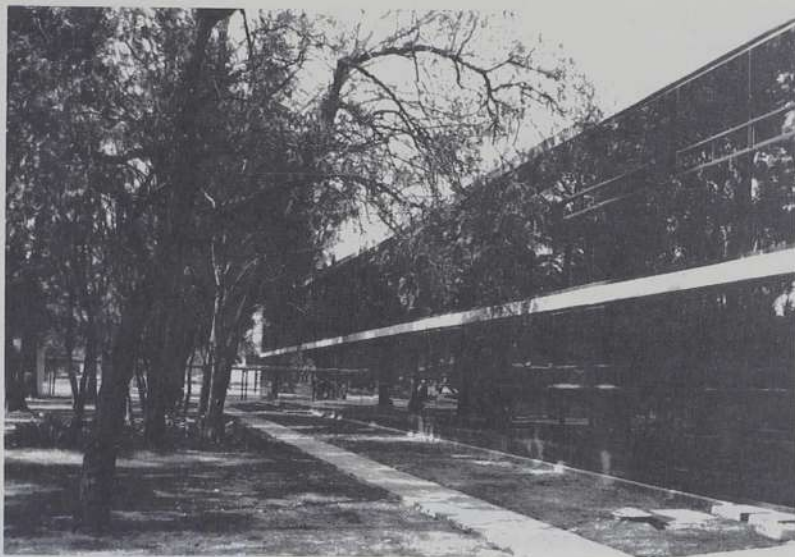
Reyes Tamez Guerra

Con mucho agrado me toca participar hoy con ustedes, en esta ceremonia de entrega de diplomas de maestría y doctorado en ciencias del Cinvestav. Se trata de una ceremonia que tiene varios significados, según el mirador desde el que se observe, porque por un lado significa una coronación del esfuerzo individual de muchos jóvenes que el día de hoy ven cumplido un sueño académico y deben levantar la primera cosecha de su esfuerzo en este apasionante mundo de la investigación científica. Desde otro ángulo, esta ceremonia nos muestra la fortaleza académica y la diversidad de los campos del saber en los que este Centro de Investigación está produciendo nuevo conocimiento, para satisfacer necesidades del desarrollo científico pero también para coadyuvar en la solución de problemas que vive nuestra sociedad.

El solo número de los nuevos maestros y doctores habla por sí mismo: 619 graduados del nivel de maestría, 255 diplomas para los nuevos doctores en ciencias. En un país como el nuestro, en el que desgraciadamente tenemos un importante déficit de investigadores científicos y estudiantes de posgrado en casi todas las áreas, este contingente de nuevos académicos nos ayudará a remontar las distancias entre lo que somos actualmente y lo que queremos llegar a ser, en cuanto a científicos se trata.

Hoy 17 de abril, en que se cumplen 41 años de vida de este centro académico, fundado en 1961 por un decreto presidencial, podemos decir que el Cinvestav ha cumplido,

El Dr. Reyes Tamez Guerra es secretario de Educación Pública.



y sobradamente, con los objetivos para los cuales fue creado:

Preparar investigadores y profesores especializados que promuevan la constante superación de la enseñanza y generar las condiciones para la realización de investigaciones originales en diversas áreas científicas y tecnológicas que permitan elevar los niveles de vida e impulsar el desarrollo del país.

Una muestra clara de ello, entre muchas otras, es que año con año miembros de este instituto científico reciben de manos del Presidente el máximo galardón que otorga el gobierno en este ámbito: el Premio Nacional de Ciencias y Artes, que este año tocó recibir, entre otros, al distinguido científico Onésimo Hernández Lerma, investigador del Departamento de Matemáticas de este Centro.

Pero la mejor prueba del cumplimiento cabal de sus tareas es la gran contribución que esta institución ha realizado para México en el curso de sus cuatro décadas de existencia, y que desemboca en su fortaleza académica y su prestigio actual, en la gran variedad de campos del conocimiento que abarca su vida académica y en el vasto cuerpo de producciones científicas que sus miembros publican en medios nacionales e internacionales. En el campo de la investigación educativa, por ejemplo, este

Centro ha sido el ámbito propicio en el que un grupo de notables investigadores ha desarrollado trabajos fundamentales para el conocimiento de nuestro sistema educativo, de nuestras políticas y nuestra filosofía educativa.

Hoy 17 de abril de 2002 se cumple, además del cuadragésimo primer aniversario del Cinvestav, el centenario del nacimiento del ilustre secretario de Educación Jaime Torres Bodet. Hoy recordamos sus principales y valiosísimas aportaciones a la educación y a la cultura mexicanas. Una de ellas, precisamente, este Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, que nació bajo el impulso de este intelectual, en su gestión como secretario de Educación durante el gobierno de Adolfo López Mateos. Permítanme, por ello, en honor a su memoria, recordar las palabras pronunciadas por Torres Bodet ante un grupo de graduados como ustedes, pero del Tecnológico de Monterrey, un 27 de junio de 1959:

“Os habéis preparado para servir a tal o cual deber en tal o cual organización. Y es lógico que así sea. Existe, sin embargo, una organización nacional superior a todas las que aguardan vuestro concurso. Esa organización nacional es la patria misma. Podéis realizar muy bien vuestra vocación personal como especialistas; pero habréis

de realizar asimismo —y con la mayor energía— esa vocación general a la que antes me referí: la de hombres; esto es, en nuestro país, la de mexicanos”.

Yo estoy seguro de que, pese a lo antiguas que nos pueden sonar estas palabras, lo central del mensaje de don Jaime Torres Bodet sigue siendo esencialmente válido.

Jóvenes maestros y doctores: yo los felicito porque la obtención del diploma que hoy reciben es la culminación de un esfuerzo personal, y familiar, que lleva un paso más adelante su fuerte y demostrada vocación por el conocimiento y la investigación. Pero los felicito también, como Secretario de Educación, porque de esta manera han potenciado y amplificado enormemente sus capacidades para servir mejor a México.



Informe de labores 2001

Adolfo Martínez Palomo

1. Presentación

A 40 años de su fundación, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN se ha caracterizado por ser una institución de excelencia en la formación de posgraduados y en la realización de investigación científica y tecnológica de la más alta calidad y competitividad internacional. El elevado nivel de los recursos humanos y la calidad académica que hemos logrado han sido reconocidos por el Conacyt, desde 1991, cuando integró todos nuestros programas de maestría y doctorado a su Padrón de Posgrados de Excelencia. La calidad y cantidad de investigaciones científicas y tecnológicas de vanguardia que se realizan en la institución se ven reflejadas en las publicaciones en revistas con arbitraje estricto de circulación internacional y en la presentación de trabajos en congresos y simposios nacionales e internacionales.

El año 2001 representó para esta institución un periodo en el que las metas trazadas se convirtieron en resultados concretos y positivos, gracias al esfuerzo de siete años de labor, tanto en actividades de enseñanza e investigación, como de apoyo administrativo. En el marco del Plan Estratégico de Desarrollo Institucional y del programa de trabajo elaborado para el presente ejercicio, el Centro orientó sus esfuerzos para avanzar en el desarrollo y consolidación de sus programas y proyectos.

El Dr. Adolfo Martínez Palomo es director general del Cinvestav.

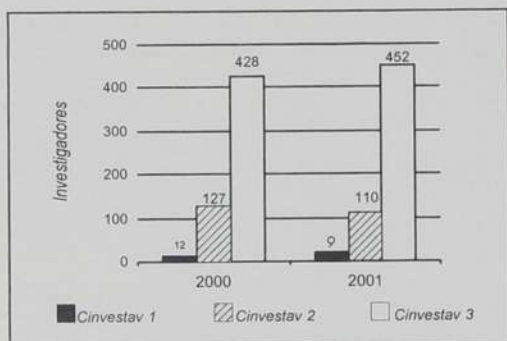


Figura 1. Distribución de la planta de investigadores por categorías académicas.

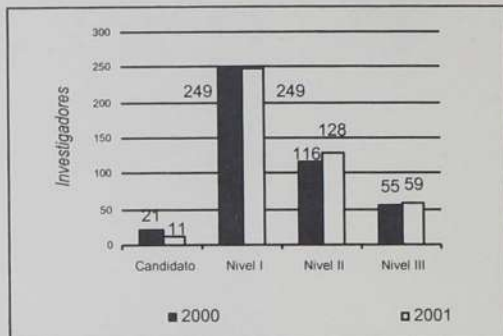


Figura 4. Distribución de investigadores por categoría en el SNI.

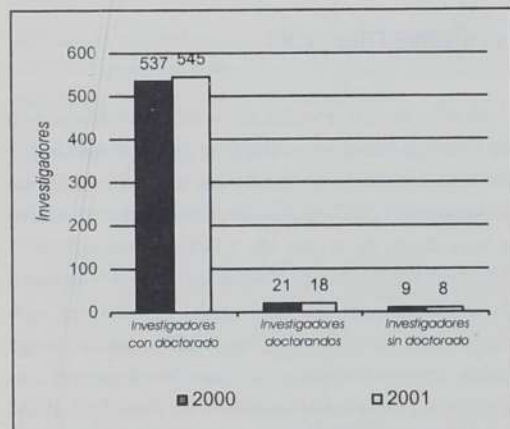


Figura 2. Distribución de investigadores con doctorado.

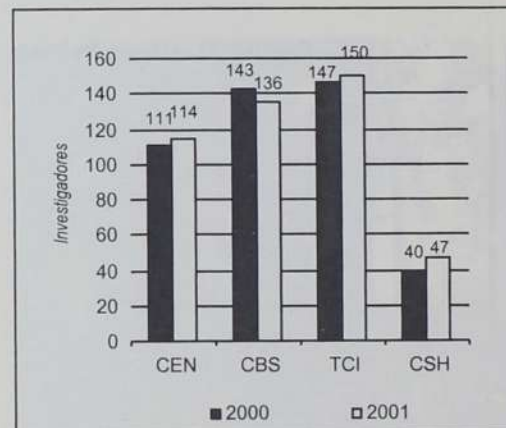


Figura 5. Distribución de investigadores en el SNI por área del conocimiento.

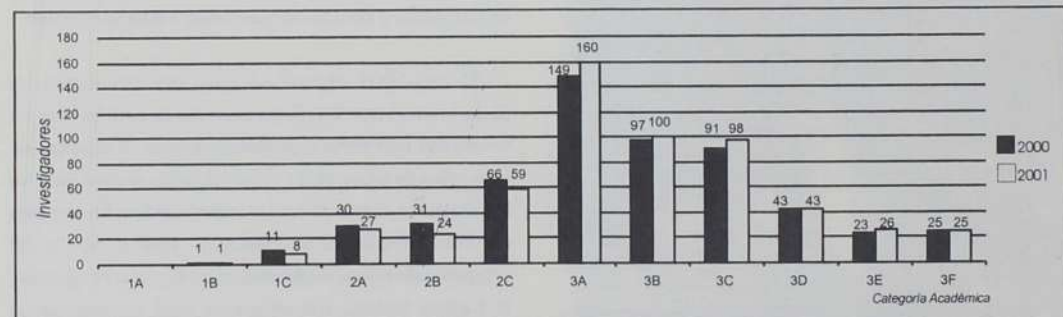


Figura 3. Distribución de investigadores por categoría y nivel académicos.

Durante 2001 la planta académica se mantuvo prácticamente constante debido a restricciones presupuestales. A pesar de ello todos los indicadores académicos, tanto cuantitativos como cualitativos, siguieron la tendencia ascendente de los últimos años. Es así como el Cinvestav cuenta con una planta total de 562 investigadores adjuntos y titulares, de los cuales el 95.5% cuenta con el grado de doctor, mientras que el 79.5% está incorporado al SNI y 9 son investigadores eméritos dentro de este mismo sistema. La formación posdoctoral de profesores en el extranjero, las promociones de categoría y los proyectos continuaron con un desarrollo satisfactorio, al igual que el programa de calidad educativa.

Por otro lado, se incrementó el número de estudiantes inscritos y graduados, y el número de becas otorgadas. En lo referente a los programas de posgrado y formación de maestros y doctores en ciencias, la matrícula mantuvo su tendencia creciente mostrada en los últimos años, la cual para el primer semestre del año mostraba un incremento del 6% con respecto al 2000. Por su parte, las becas vigentes otorgadas por el Conacyt fueron en total 1,398 y significaron el 68% del conjunto de alumnos atendidos en maestría y doctorado en el Cinvestav y el 10% de los becarios nacionales de dicho Consejo.

De igual manera continuó el funcionamiento normal de los programas de gestión tecnológica, de legislación académica, de descentralización, de intercambio y de difusión. A pesar de las limitaciones económicas la institución no presentó ninguna situación crítica derivada de esta insuficiencia presupuestal y pudo continuar el programa de mejoramiento de infraestructura con el inicio, entre otras obras, de la modernización del auditorio Rosenbluth, la modernización del bioterio en Zacatenco, la segunda etapa del edificio de Control Automático, la construcción del edificio para el archivo general en Zacatenco, la reestructuración de la red telemática de la Unidad Mérida y la adaptación y remodelación de espacios físicos en laboratorios, aulas e instalaciones académicas y administrativas de los distintos campus del Centro.

Por otro lado, se impulsó la nueva estructura orgánica cuyo objetivo es responder a criterios de eficiencia, optimización y competencia, con énfasis de servicio a las áreas de investigación y docencia. Con la misma dimensión del aparato administrativo, la transformación organizacional radica en la reorientación de funciones y

en la redistribución del personal, con el fin de apoyar mejor las actividades sustantivas del Centro.

Al inicio de su gestión, la Dirección General manifestó la necesidad de lograr que el Cinvestav incidiera cada vez más en tres áreas: en la científica, creando nuevos conocimientos; en la tecnológica, analizando y proponiendo soluciones para las necesidades de la sociedad; y en la educativa, analizando y mejorando el sistema educativo así como formando a los científicos y tecnólogos altamente calificados.

El modelo de descentralización del quehacer institucional del Cinvestav ha demostrado ser el más exitoso en nuestro país. Se dio continuidad al esfuerzo especial con el objetivo de fortalecer las unidades Mérida, Irapuato y Saltillo, al mismo tiempo que se alcanzó la consolidación de las unidades Guadalajara y Querétaro. En esta etapa de desarrollo, se dotó a todas ellas de una estructura organizacional que eficiente el apoyo a las actividades sustantivas; esto generó como resultado que en la actualidad todas tengan contacto con la industria y con las instituciones de educación superior de los estados y de la región donde se ubican.

En el primer año de su gestión el mayor problema que enfrentó esta administración fue conservar las funciones sustantivas frente a la muy considerable reducción presupuestal, ocasionada por los efectos devaluatorios e inflacionarios de la crisis económica por la que atravesó el país. Ante esta situación se presentó una estrategia de ajuste presupuestal que, sumada a la consecución de fondos extraordinarios, permitió continuar con el logro de las metas planteadas.

En un principio, esta administración encontró una institución con tradición académica y usos y costumbres sanos, pero prácticamente desprovista de reglamentos, por lo que se empeñó en establecer reglamentos y estatutos, tanto de personal académico y de estudiantes, con el objetivo de normar en términos generales y plasmar por escrito la experiencia adquirida a lo largo de las últimas décadas.

Entre la nueva reglamentación destacan los reglamentos del Consejo Académico Consultivo del Cinvestav; General de Estudios de Posgrado; para la Clasificación,

Tabla 1. Distinciones y premios académicos (2001).

Investigador	Unidad/Departamento	Distinción	Investigador	Unidad/Departamento	Distinción
Onésimo Hernández Lerma	Matemáticas	Premio Nacional de Ciencias y Artes	Oscar Rodolfo Suárez Castillo	Saltillo	Premio Arturo Rosenblueth 2000
Gerardo Herrera Corral	Física	Premio de Investigación AMC	Francisco Raúl Carrillo Pedroza	Saltillo	Premio Arturo Rosenblueth 2000
Jesús González Hernández	Querétaro	Premio Luis Elizondo	Rodrigo Tarkus Patiño Díaz	Química	"Young Scientist Award in Chemistry 2000"
Mónica Lamas Gregori	Fisiología, Biofísica y Neurociencias	Premio Brain Research Young Investigator Award	Eduardo Gómez Conde	Biomedicina Molecular	14° Premio Lola e Igo Flisser-PUIS
Gisela Gómez Lira			Emilia B. Ferreiro Schiavi	Investigaciones Educativas	Medalla al Mérito, Gobierno de Brasil
Rafael Gutiérrez Lara			Octavio Paredes López	Irapuato	Vicepresidente de la AMC
Francisco Javier Álvarez Leefmans	Farmacobiología	Premio Maximiliano Ruiz Castañeda ANM	Adolfo Martínez Palomo	Patología Experimental	Miembro Honorario de la Sociedad Mexicana de Parasitología
Silvia L. Cruz	Farmacobiología	Premio Zazil 2000	Salvador Hernández Martínez	Patología Experimental	Mención Honorífica en trabajo de tesis del 14° Premio Lola e Igo Flisser PUIS
Martín Campo			Luis G. Gorostiza Ortega	Matemáticas	"Full Research Member" del Laboratory for Research in Statistics and Probability de Canadá
José Antonio Terrón Sierra	Sección Externa de Farmacobiología	Premio CANIFARMA	Luis R. Herrera Estrella	Irapuato	Proyecto aprobado por el Instituto Médico Howard Hughes
Arnulfo Zepeda Domínguez	Física	Premio Desarrollo de la Física en México	Jean Philippe Vielle Calzada	Irapuato	Proyecto aprobado por el Instituto Médico Howard Hughes
Carlos M. Villalón Herrera	Farmacobiología	Premio Keith Killam Award of Pharmacology	Cinvestav abril 2001		Mención especial en la Feria Tecnológica del ADIAT
Carlos M. Villalón Herrera	Farmacobiología	Premio Nacional de Ciencias Farmacéuticas "Dr. Leopoldo Río de la Loza"			
Juan Eloy Ayón Beato	Física	Premio Weizmann AMC, Premio A. Rosenblueth 2000			
Natividad Cortez Apreza	Fisiología Biofísica y Neurociencias	Premio Arturo Rosenblueth 2000			

Promoción y Otorgamiento de Estímulos al Personal Académico; para el Ingreso, Promoción, Otorgamiento y Renovación de Beca de Desempeño Académico de los Auxiliares de Investigación; y para la Administración de los Ingresos Propios del Cinvestav, que se encuentran dentro de la recopilación que incluye todos los reglamentos autorizados por el Órgano de Gobierno del Centro desde 1993.

Uno de los retos más importantes propuesto por esta administración fue la reforma organizacional que se aprobó en septiembre de 2000; se busca, principalmente, contar con una administración más ágil y eficaz que atienda mejor los requerimientos de los investigadores, cuyos lineamientos se encuentran enmarcados en el Manual General de Organización.

Tabla 2. Membresía en el SNI (planta académica).

Área	Candidato		Nivel I		Nivel II		Nivel III		Total	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001	2000	2001
CEN	5	1	47	49	36	39	23	25	111	114
CBS	3	2	88	83	35	32	17	19	143	136
TCI	11	7	92	93	32	38	12	12	147	150
CSH	2	1	22	24	13	19	3	3	40	47
Total	21	11	249	249	116	128	55	59	441	447

CBS: Ciencias Biológicas y de la Salud, CEN: Ciencias Exactas y Naturales, CSH: Ciencias Sociales y Humanidades, TCI: Tecnología y Ciencias de la Ingeniería

Durante esta gestión se atravesó por dos periodos de análisis retrospectivo y de reflexión académica que permitieron coordinar diversas actividades realizadas en el marco del 35 y 40 aniversario, en las que se tuvo una participación conjunta de todos los departamentos con seminarios, talleres, coloquios, congresos, simposios, conferencias y encuentros, entre otros.

2. Programa de liderazgo científico

Crecimiento de la planta académica

Nuevas contrataciones. El total de investigadores durante 2001 presenta un incremento del 0.7% en relación con las cifras de 2000 (figura 1).

Investigadores repatriados. En 2001 el Conacyt, a través del Fondo para Retener en México y Repatriar a los Investigadores Mexicanos, otorgó apoyo económico para contratar a seis investigadores.

Cátedras patrimoniales. Por medio del Fondo para la Creación de Cátedras Patrimoniales de Excelencia Nivel II, el Conacyt aprobó la estancia de diez investigadores.

Superación académica

Investigadores doctorandos. Del total de investigadores, 545 tienen el grado de doctor (en el transcurso del año, 4 obtuvieron el grado). El porcentaje de investigadores sin

Tabla 3. Membresía en el SNI (estudiantes y personal de apoyo).

Categoría	Candidato		Nivel I		Total	
	2000	2001	2000	2001	2000	2001
Estudiantes de doctorado	13	3	-	3	13	6
Auxiliares de investigación	7	6	7	12	14	18
Asociados posdoctorales	-	2	-	-	-	2
Instructores	2	1	1	-	3	1
Total	22	12	8	15	30	27

el grado de doctor se redujo del 5.2% al 4.5% y el número de investigadores sin inscripción al doctorado representa el 1.4% (figura 2).

Investigadores en posdoctorado. Durante 2001, siete investigadores continuaron sus estancias posdoctorales en el extranjero.

Promociones de categoría. Como consecuencia del programa de superación académica, el número de investigadores en la categoría de Investigador Cinvestav 1 ha disminuido. En 2000 esta categoría representaba el 2.1% y en el 2001 representó sólo el 1.5% del total de los investigadores (figura 3).

Distinciones y reconocimientos

Membresía en el SNI. En la actualidad el Centro cuenta con 562 investigadores adjuntos y titulares. En la promoción 2001 del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), 447 investigadores del Cinvestav se incorporaron al SNI, lo que representa el 79.5% del total de investigadores adjuntos y titulares con que cuenta el Centro. Cabe hacer mención que 9 investigadores tienen la categoría de eméritos en el SNI, los cuales están incluidos en el nivel III. La distribución de membresía en el SNI, por categoría y nivel, en cada una de las áreas del conocimiento que se cultivan en el Cinvestav se presenta en la tabla 2. Los niveles II y III se incrementaron en 10.3% y 7.2%, respectivamente. En relación con el año anterior, se tuvo un aumento del 1.3% en la membresía en el SNI (figura 4). Por área del conocimiento la información se presenta

Tabla 4. Proyectos de investigación por área del conocimiento en 2001.

Área	Número de proyectos
CEN	149
CBS	205
TCI	266
CSH	35
Total	655

Tabla 5. Proyectos iniciados y concluidos en 2001.

Área	Proyectos que se iniciaron en el periodo	Proyectos que concluyeron en el periodo	Proyectos que se prorrogaron en el cuarto trimestre
CEN	45	40	18
CBS	59	62	31
TCI	95	69	32
CSH	11	15	4
Total	210	186	85

Tabla 6. Proyectos en ejecución en 2000 y 2001.

Área	Promedio en ejecución en 2000	Promedio en ejecución en 2001
CEN	138	123
CBS	175	173
TCI	215	218
CSH	38	30
Total	566	544

Tabla 7. Proyectos programados y ejecutados en 2001.

Área	Metas originales autorizadas para el 2001	Modificación autorizada en las metas programadas en 2001	Proyectos vigentes en algún trimestre de 2001
CEN	149	149	149
CBS	93	200	205
TCI	231	170	266
CSH	35	35	35
Total	508	554	655

Tabla 8. Proyectos otorgados en el programa JIRA en 2001.

Área	Número de apoyos otorgados
CEN	3
CBS	3
TCI	11
Total	17

Tabla 9. Proyectos aprobados por el Conacyt en 2001.

Programa	Total de Proyectos apoyados
Proyectos de Investigación	56
Proyectos de Instalación	3
Concyteg, Concyteq, Sireyes	8
Total	67

Tabla 10. Número total de proyectos con apoyo de Conacyt durante 2001.

Área	Proyectos de Investigación Conacyt	Concyteg, Concyteq, Sireyes	Proyectos de Instalación Conacyt	Total de proyectos aprobados en 2001
CEN	9			9
CBS	23		1	24
TCI	22	8	2	32
CSH	2			2
Total	56	8	3	67

Tabla 11. Proyectos con cofinanciamiento nacional en 2001.

Área	Intersectoriales	Cofinanciamiento nacional
CEN	2	86
CBS	11	131
TCI	28	202
CSH	4	18
Total	45	437



en la figura 5. Además del personal académico, contamos con 6 estudiantes de doctorado, 18 auxiliares de investigación, 2 asociados posdoctorales y 1 instructor, los cuales cuentan con membresía en el SNI en los niveles que se muestran en la tabla 3.

La disminución en el número de estudiantes a nivel doctorado miembros del SNI, se debe fundamentalmente a que a partir de 1998 el Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores fue modificado, señalando como requisito en su artículo 1º que sólo los investigadores o profesores activos de tiempo completo en una institución de educación superior o de investigación podrán ingresar a dicho sistema.

Premios y distinciones. Dentro de los premios recibidos en 2001, el Cinvestav se vio galardonado con el Premio Nacional de Ciencias y Artes de la Presidencia de la República (tabla 1).

Proyectos institucionales de investigación científica y tecnológica

Durante este año estuvieron en ejecución 655 proyectos de investigación científica y tecnológica. Esta cantidad representa el total de los proyectos vigentes en algún trimestre del año 2001 (tabla 4).

Durante el año 2001 se iniciaron 210 proyectos, que sumados a los 445 iniciados en años anteriores, pero todavía vigentes en 2001, dan el total de 655 proyectos en ejecución. En la tabla 5 aparece el número de proyectos

iniciados en el año reportado, el número de proyectos que se concluyeron y el de prorrogados en el último trimestre.

En la tabla 6 se incluye un cuadro comparativo entre los proyectos reportados en el año 2000 y los que en esta oportunidad informamos.

El número de proyectos que se desarrolla en TCI responde a las políticas de descentralización del Cinvestav. En los últimos años las unidades foráneas, consideradas dentro del área de Tecnología y Ciencias de la Ingeniería (con excepción de la Unidad Mérida), han recibido un importante impulso con la conversión en unidades de los Laboratorios de Investigación en Materiales de Querétaro y de Ingeniería Eléctrica y Computación en Guadalajara y la autorización de sus respectivos programas de maestría y doctorado (tabla 7).

Apoyos institucionales extraordinarios

Programa JIRA. El Cinvestav convocó, por quinto año consecutivo, a los jóvenes investigadores recién adscritos a este Centro a participar en el Programa JIRA, con el objetivo de ofrecerles un apoyo económico extraordinario, tanto en gasto de operación como de inversión. En el marco de este programa, durante el 2001 el Cinvestav suscribió 17 convenios con profesores jóvenes de esta institución, para desarrollar proyectos de investigación con una duración de un año (tabla 8).

Proyectos cofinanciados. De los 655 proyectos en ejecución durante el 2001, 540 recibieron apoyo financiero externo como complemento a los recursos fiscales destinados a su desarrollo. El apoyo financiero provino de organismos o agencias nacionales e internacionales de apoyo a la ciencia o de entidades gubernamentales.

Proyectos con cofinanciamiento nacional

(a) **Proyectos de investigación Conacyt.** En el marco del Concurso para el Apoyo a Proyectos de Investigación Básica, Convocatoria 2001, emitida por el Conacyt, los



investigadores sometieron 146 propuestas de investigación para desarrollar durante los próximos tres años. Como resultado de la evaluación académica, el Conacyt decidió canalizar a la institución la cantidad de \$78,027,328.00 para desarrollar 56 proyectos de investigación, es decir, el 38% de las propuestas sometidas. En esta ocasión el porcentaje descendió debido a la reducción de recursos que el Conacyt destinó a financiar los proyectos de investigación. Con una reducción del 65% en el total de los recursos, el Cinvestav registró una disminución de 33% en el total de proyectos apoyados, con respecto al año pasado, 71%, lo cual, aun en el contexto de la reducción de fondos por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, habla de la alta calidad de las propuestas sometidas por los investigadores de nuestra institución.

Tabla 12. Número de proyectos con cofinanciamiento internacional en 2001.

Área	Cooperación bilateral	Agencias internacionales	Totales con apoyo internacional
CEN	12	4	16
CBS	6	26	32
TCI	26	18	44
CSH	-	11	11
Total	44	59	103

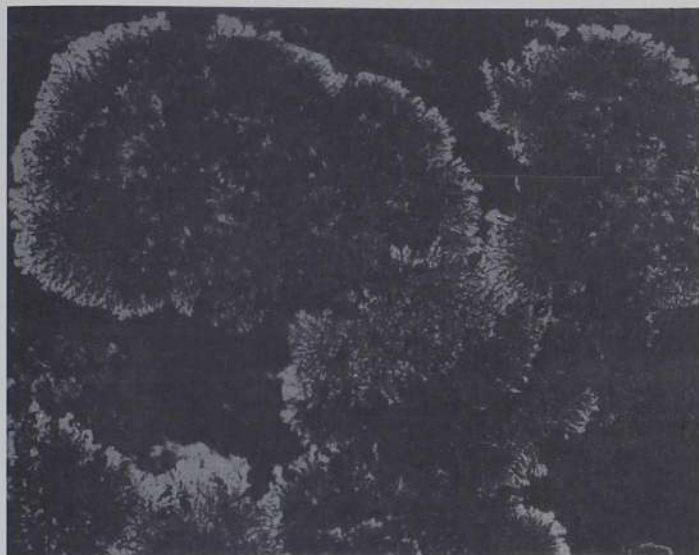
Tabla 13. Total de proyectos con cofinanciamiento externo en 2001.

Área	Número de proyectos
CEN	102
CBS	163
TCI	246
CSH	29
Total	540

Además, en cuanto a las propuestas sometidas en la modalidad de proyectos de instalación, los tres proyectos sometidos por investigadores del Cinvestav fueron aprobados, lo cual se traduce en recursos por \$272,734.00.

Por último, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCyTEG), otorgó 4 apoyos a la Unidad Irapuato; la Unidad Querétaro se beneficiará con apoyo económico para desarrollar 3 proyectos financiados por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCyTEQ) en 2 de los cuales también participa el Municipio de Querétaro. La Unidad Saltillo a su vez fue apoyada por el SIREYES con 1 proyecto (tablas 9 y 10).

(b) *Proyectos apoyados por entidades nacionales, proyectos intersectoriales.* Estuvieron en ejecución 45 proyectos de investigación cofinanciados con 26 entidades nacionales, entre las que destacan: el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET), Fundación Miguel Alemán, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Instituto Mexicano del Petróleo, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Internacional Química del Cobre, Calizas Industriales del Carmen, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SE-



MARNAT), Servicios Industriales Peñoles, Subdirección de Educación Superior e Investigación Científica (SESIC) y Universidad Nacional Autónoma de México (tabla 11).

(c) *Total de proyectos con cofinanciamiento nacional.* Durante este periodo estuvieron en ejecución 437 proyectos cofinanciados por alguna agencia nacional. Esta cifra incluye proyectos Conacyt, así como los proyectos intersectoriales (tabla 11).

Proyectos de investigación con cofinanciamiento internacional

En el periodo reportado, estuvieron en ejecución 103 proyectos con contraparte internacional.

Proyectos de cooperación bilateral. Financiamiento Conacyt-Cinvestav. Durante el año 2001 estuvieron en ejecución 44 proyectos de cooperación bilateral llevados a cabo con diversos países, entre los que se encuentran: Alemania, Brasil, Cuba, Corea, Estados Unidos, España, Francia, Hungría, Italia, Polonia y Suiza (tabla 12).

Proyectos cofinanciados por agencias internacionales de apoyo a la ciencia. Estuvieron en ejecución 59 proyectos de investigación cofinanciados por 37 agencias inter-

nacionales de apoyo a la ciencia, entre las que destacan la Comisión Europea, Institutos Nacionales de Salud, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Fundación Internacional para la Ciencia, Instituto Médico Howard Hughes, Fundación Alexander von Humboldt, Instituto Pasteur, Universidad de Nueva York, Academia de Ciencias del Tercer Mundo (tabla 12).

Total de proyectos con cofinanciamiento internacional. La tabla 12 muestra el número total de proyectos que, para su ejecución, recibieron apoyo económico internacional. Incluye los de cooperación bilateral cofinanciados por el Conacyt, así como los apoyados por organismos y agencias de diversos países.

Total de proyectos con cofinanciamiento externo. Se resume en la tabla 13 el número total de proyectos que recibieron apoyo económico de agencias o instituciones nacionales o internacionales.

Producción científica

Artículos en revistas nacionales e internacionales. Durante el año 2001 el Cinvestav publicó 741 artículos en revistas científicas especializadas del mayor prestigio. De éstos, el 86% apareció en reconocidas publicaciones científicas

Tabla 14. Artículos de investigación publicados en 2001.

Área	Núm. de artículos publicados en revistas con factor de impacto	No. de artículos publicados en otras revistas	Total
CEN	285	7	292
CBS	159	23	182
TCI	186	36	222
CSH	6	39	45
Total	636	105	741

Tabla 15. Artículos en revistas internacionales.

Área	Artículos publicados 2000	Artículos publicados 2001
CEN	307	292
CBS	217	182
TCI	251	222
CSH	31	45
Total	806	741

Tabla 16. Artículos publicados en memorias de reuniones académicas en 2001.

Área	Artículos en extenso publicados en memorias de congresos internacionales	Artículos en extenso publicados en memorias de congresos nacionales
CEN	76	4
CBS	26	11
TCI	263	131
CSH	62	5
Total	427	151

Tabla 17. Comunicaciones a congresos en 2001.

Área	Congresos nacionales e internacionales
CEN	164
CBS	434
TCI	366
CSH	54
Total	1,018

Tabla 18. Libros editados y publicados en 2001.

Área	Edición de libros	Libros	Capítulos de libros	Monografías o artículos de revisión
CEN	3	1	10	7
CBS	1	4	20	3
TCI	5	3	27	19
CSH	11	6	34	2
Total	20	14	91	31

Tabla 19. Programas de posgrado ofrecidos por el Cinvestav.

Ciencias Exactas y Naturales (CEN)			
Ciencias Químicas	M		D
Física	M		D
Física Aplicada	M		D
Física Teórica			D
Matemáticas	M		D
Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS)			
Biología Celular	M		D
Biología Marina	M		
Biomedicina Molecular	M		D
Bioquímica	M		D
Ciencias Marinas			D
Farmacología	M		D
Fisiología Celular y Molecular	M		D
Fisiología Médica y Experimental	M		D
Neurobiología Celular y Molecular	M		D
Genética y Biología Molecular	M		D
Patología Experimental	M		D
Toxicología	M		D
Tecnología y Ciencias de la Ingeniería (TCI)			
Biotechnología	M		D
Biotechnología de Plantas	M		D
Control Automático	M		D
Ingeniería Eléctrica D.F.	M		D
Ingeniería Eléctrica Guadalajara	M		D
Ingeniería Cerámica	M		
Ingeniería Metalúrgica	M		D
Materiales	M		D
Ciencias Sociales y Humanidades (CSH)			
Ecología Humana	M		
Investigaciones Educativas	M		D
Matemática Educativa	M		D

del área o disciplina respectiva, esto es, revistas que tienen un comité editorial conformado por especialistas mundiales con mayor reconocimiento, cuentan con difusión internacional y son de las más citadas por la comunidad de expertos. Estas revistas están indizadas en el *Institute for Scientific Information* con un factor de



impacto, número relacionado con el promedio anual de citas que reciben los artículos que se publican en ellas. El 14% restante fue publicado en revistas de circulación internacional o en publicaciones periódicas editadas en nuestro país (tabla 14).

La producción de artículos científicos mantuvo su crecimiento histórico constante, si bien es evidente que el 2000 fue un año atípico, en el que los productos de investigación se incrementaron de manera considerable con respecto a la producción generada el año anterior.

En la tabla 15 se presenta el cuadro comparativo de la productividad en artículos publicados en los años 2000 y 2001.

El Cinvestav también hace una importante labor de difusión y divulgación del conocimiento original que se genera en la institución, no sólo por la edición de la revista *Avance y Perspectiva*, sino porque además los investigadores difunden y dan a conocer su trabajo en otras revistas del género, dirigidas a un público no especialista. El total de artículos de divulgación científica que publicó el Cinvestav en 2001 ascendió a 78.

Memorias en congresos nacionales e internacionales. La presencia del Cinvestav en los más importantes foros de discusión científica, tanto nacionales como internacionales, es constante. La tabla 16 muestra el número de artículos en extenso que publicaron los investigadores del Cinvestav en memorias de congresos nacionales e internacionales. Estas publicaciones cuentan con un comité editorial y los artículos son sometidos a un arbitraje estricto. Además de la publicación de artículos en las memorias, los investigadores del Cinvestav presentaron 1,018 comunicaciones en congresos internacionales y nacionales (tabla 17).

Libros y monografías. Los investigadores también participaron en la elaboración de libros especializados, tanto como editores, como autores de libros o de capítulos de libros (tabla 18).

Cabe destacar la importante labor que realizan los investigadores del área de Ciencias Sociales y Humanidades en la edición y elaboración de libros especializados en las disciplinas que se cultivan. Hacen también un trabajo destacado al elaborar libros de texto y en uso. En el año 2001 diseñaron y redactaron 19 libros de texto, resultado de su investigación, editados por importantes casas editoriales o por la propia Secretaría de Educación Pública.

3. Programa de calidad educativa

Programas de maestría y doctorado. Durante el periodo estuvieron en operación 26 programas de maestría en ciencias (M) y 25 programas de doctorado en ciencias (D) (tabla 19).

Alumnos atendidos. En este periodo se atendió a 2,059 alumnos en los programas de maestría y doctorado, lo que se traduce en un incremento del 3% en comparación con el año anterior (tabla 20). La distribución de los alumnos atendidos por área del conocimiento que se cultivan en el Cinvestav se desglosa en la tabla 21.

En la figura 6 se muestra la distribución de los alumnos en las cuatro áreas del conocimiento y por tipo de programa. En las unidades foráneas del Cinvestav se

Tabla 20. Distribución de alumnos de posgrado.

Programa	Alumnos de posgrado atendidos	
	2000	2001
Doctorado	864	886
Maestría	1,135	1,173
Total	1,999	2,059

Tabla 21. Alumnos de posgrado por área del conocimiento.

Área	Alumnos atendidos	
	2000	2001
CEN	274	249
CBS	549	567
TCI	920	971
CSH	256	272
Total	1,999	2,059

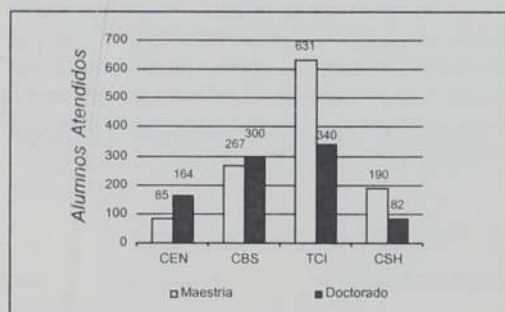


Figura 6. Distribución de estudiantes por área del conocimiento (2001).

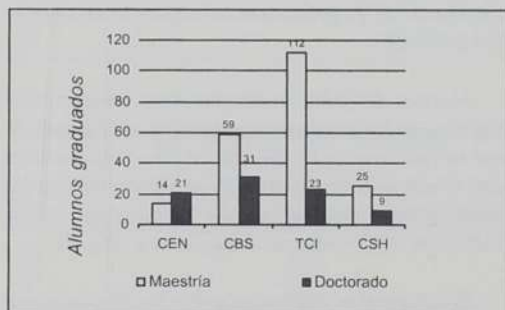


Figura 7. Estudiantes graduados por área del conocimiento (2001).

Tabla 22. Alumnos atendidos de otras instituciones en 2001.

Actividad	Distrito	
	Federal	Unidades Foráneas
Tesistas de licenciatura	184	80
Prácticas profesionales	25	40
Verano de investigación	3	15
Servicio social	108	151
Tesistas de posgrado	45	65
Estancias de entrenamiento de posgrado	56	47
Estancia posdoctoral	4	1
Total	425	399

Tabla 23. Cursos de posgrado impartidos.

Área	2001
CEN	127
CBS	112
TCI	305
CSH	98
Total	642

Tabla 24. Estudiantes graduados.

Área	2000		2001	
	Maestría	Doctorado	Maestría	Doctorado
CEN	14	27	14	21
CBS	76	32	59	31
TCI	99	21	112	23
CSH	18	6	25	9
Total	207	86	210	84

Tabla 25. Nuevos becarios Cinvestav.

Área	Becarios	
	2000	2001
CEN	56	43
CBS	129	137
TCI	212	228
CSH	34	17
Total	431	425



atendieron 664 alumnos, lo que representa el 32.2% del total.

Otros alumnos atendidos. Además de los alumnos atendidos en los programas de maestría y doctorado, se inscribieron 438 alumnos de prerequisitos. De éstos, 161 fueron registrados en las unidades foráneas. Durante este año se atendieron más de 824 estudiantes de otras instituciones que acudieron al Cinvestav en busca de apoyo del personal académico, dentro de las modalidades que se desglosan en la tabla 22.

Cursos de posgrado impartidos. El número de cursos impartidos durante el 2001 fue de 642, de los cuales 176 corresponden a programas de las unidades foráneas. (tabla 23).

Maestros y doctores graduados. En el año 2001 se graduaron 294 estudiantes, 210 maestros en ciencias y 84 doctores en ciencias. Estos datos incluyen 81 maestros en ciencias y 15 doctores en ciencias graduados en las unidades foráneas (tabla 24). En la figura 7 se muestra la distribución de los alumnos graduados por área del conocimiento y por tipo de programa.

Becas otorgadas por el Cinvestav. El Cinvestav otorgó becas de corta duración, de uno a seis meses, a 425 estudiantes a los cuales se les terminó la beca externa sin haber concluido su programa de estudios. También se otorgaron apoyos para estudiantes que ingresaron a cursos de prerequisitos (tabla 25). Estas becas, sumadas a las ya otorgadas en periodos anteriores, hacen un total de 453 becas vigentes (tabla 26). En el mismo año el Centro

otorgó 235 estímulos para asistencias a congresos, 127 en México y 108 en el extranjero (tabla 27).

Becas otorgadas por el Conacyt. El Conacyt otorgó 437 nuevas becas (tabla 28). Estas becas, sumadas a las ya otorgadas en periodos anteriores, elevaron el número de becas vigentes a un total de 1,398 en ambos niveles de posgrado (tabla 29).

4. Programa de gestión tecnológica

Durante el año 2001 se continuó con el desarrollo de actividades para consolidar los esfuerzos por estrechar los vínculos con el sector productivo, poniendo énfasis en la transferencia del conocimiento científico y tecnológico original que se genera en la institución.

Colaboración industrial

Las acciones más sobresalientes llevadas a cabo en vinculación tecnológica durante este periodo fueron las siguientes:

Se continuó con la promoción de las capacidades tecnológicas del Cinvestav.

Se actualizó e integró información sobre las unidades foráneas y de los distintos departamentos académicos; dicha información fue turnada a la Subdirección de Intercambio Académico para su difusión dentro del marco del 40 Aniversario del Centro.

Se valoraron los servicios tecnológicos que ofrecen las unidades foráneas y los departamentos académicos en el D.F., para así llevar a cabo el levantamiento de imágenes de equipos principales para estos servicios, ya que tienen posibilidad de generar ingresos propios al Centro; esta información se concentró en 6 grandes rubros: Industria de Materiales, Industria Electrónica, Sector Salud, Industria Biotecnológica, Industria Agrícola y Medio Ambiente. Con base en los datos obtenidos, se diseñó y elaboró un *stand* para promover estos servicios durante el XIII Congreso Anual de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo

Tabla 26. Becarios Cinvestav (total).

Área	Becarios	
	2000	2001
CEN	59	51
CBS	142	144
TCI	218	238
CSH	36	20
Total	455	453

Tabla 27. Número de estímulos económicos otorgados a estudiantes para participar en reuniones académicas en 2001.

Área	Maestría		Doctorado	
	En México	En el extranjero	En México	En el extranjero
CEN	3	1	8	17
CBS	12	8	15	32
TCI	48	7	37	27
CSH	3	7	1	9
Total	66	23	61	85

Tabla 28. Nuevos becarios Conacyt.

Área	Becas nuevas	
	2000	2001
CEN	40	40
CBS	107	146
TCI	254	212
CSH	76	39
Total	477	437

Tabla 29. Becarios Conacyt (total).

Área	Becas vigentes	
	2000	2001
CEN	171	152
CBS	364	389
TCI	685	710
CSH	165	147
Total	1,385	1,398

Tecnológico (ADIAT), celebrado del 4 al 7 de abril de 2001 en Veracruz, Ver.

Se realizaron actividades de promoción de las capacidades tecnológicas del Centro, entre ellas una rueda de prensa en la que estuvieron presentes diversos medios de comunicación, en la cual se promovieron las líneas de investigación del área biológica, así como la transferencia de tecnología que se realizó a la empresa Bioskinco sobre el cultivo *in vitro* de epidemis, tecnología desarrollada en el Cinvestav.

Se expidió el Reglamento para la Administración de los Ingresos Propios del Cinvestav, en el que se establecieron las actividades que prioritariamente desarrollará el Centro para ingresar estos recursos y en el que se especifican los procedimientos para tal propósito.

Se presentó el primer proyecto del Manual de Procedimientos de la Subdirección de Vinculación Tecnológica, con la finalidad de dar orden y congruencia a las actividades operativas que se realizan, y precisar las responsabilidades correspondientes en el área.

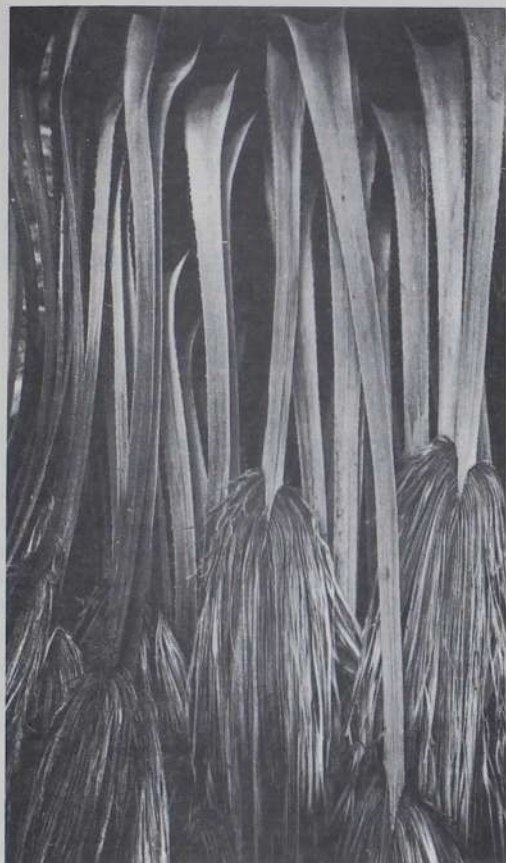
Se aprobó el paquete de indicadores que reflejan la gestión tecnológica de la Institución, los cuales serán desarrollados durante el año siguiente.

Se diseñó la primera versión de procedimientos básicos para apoyo de las actividades realizadas en la Subdirección de Vinculación Tecnológica.

Se brindó asesoría a diversos investigadores del Centro sobre las posibilidades de proteger, mediante derechos de propiedad intelectual, proyectos de investigación desarrollados por ellos y susceptibles de transferirse.

Respecto al estado que guardaron los proyectos de desarrollo tecnológico con organismos y empresas, se mencionan los siguientes: con los Laboratorios Silanes se encuentra pendiente el análisis de mercado del producto de investigación que se propone financiar por parte de la empresa (Anticuerpos contra el "dengue" para su potencial uso en el diagnóstico y/o la inmunoterapia).

Con el Laboratorio Piedadense (Lapisa) se firmó el convenio relacionado con el mecanismo y porcentaje de regalías provenientes de la manufactura y comercialización



de la vacuna denominada SOA-VAC, biológico dirigido contra el virus del síndrome del ojo azul; en cuanto al convenio respectivo, se encuentra pendiente la aprobación del proyecto en Conacyt por parte de la empresa. Por lo que respecta a la empresa Reciclagua, se entregó el reporte final de la investigación que incluye la caracterización de lodos residuales, evaluación como fertilizante potencial para las plantas y su contenido de organismos nocivos para la salud humana, así como el establecimiento del medio que represente la mejor alternativa para la eliminación de estos organismos. Asimismo, se firmó un contrato de cesión de derechos con Internacional Química del Cobre, para traspasar en toda propiedad y dominio el proceso en lote a alta concentración celular para producir en cultivo sumergido concentrados bioinsecticidas basados en *Bacillus thuringiensis*.

Se realizó la presentación y el lanzamiento al mercado, por parte de la empresa Bioskinco, del producto denominado *Epifast*, aloinjerto de epidermis humana cultivada *in vitro*, desarrollado por investigadores del departamento de Biología Celular en el Cinvestav. De igual forma, se encuentran en proceso de evaluación modificaciones sugeridas al contrato original por el cual se transfirió dicha tecnología a la empresa con la finalidad de obtener una versión mejorada.

Por lo que respecta a las unidades foráneas en el año 2001, la Unidad Saltillo desarrolló los proyectos "Análisis del proceso de deplataado en plomo no afinado" y "Corrosión de rejillas de baterías de arranque Pb-ácido" con Enertec México; con la Empresa Hylsa se está desarrollando un "Modelo dinámico para el control de enfriamiento secundario"; con la Empresa Mhale Pistones, se realizaron "Mecanismos de agrietamiento circunferencial en pistones automotrices fabricados por fusión y vaciado de la aleación de aluminio Mhale 124". Por otro lado, se concluyó la "Elaboración de una base de datos sobre la fabricación de prótesis de cadera y un estudio sobre el efecto de la adición de titanio y de nitruro de boro en la microestructura y propiedades mecánicas de la aleación ASTM-75" con Comimsa; con Industrias Castech, la "Composición de una aleación tipo 319 que sea económica y que presente propiedades mecánicas por arriba del estándar requerido por el cliente y se determinó la caracterización química de un mineral (concentrado) de Dolomita" con Minerales no Metálicos de Guerrero.

En la Unidad Querétaro se impartió el programa de maestría en ciencias en la especialidad en materiales al personal técnico de la empresa Mabe de México; se concluyó el desarrollo de una formulación tipo "Recubrimiento Delgado" para Opta; a la empresa Cargill se le proporcionaron los servicios de investigación y desarrollo de proyectos que involucraron tecnología en el estudio de la tortilla; asimismo, con la empresa Mezclas y Fertilizantes se concluyó la formulación de un producto que evite que los gránulos de fertilizante "Micromix" se aglomeren y se peguen.

Se realizó el estudio de la estructura y del perfil estequiométrico de capas ultradelgadas de SiO₂ nitrado, estudio del mecanismo de transporte eléctrico en óxidos

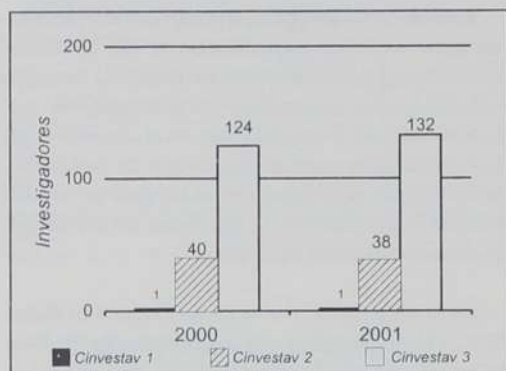


Figura 8. Distribución de investigadores en las unidades foráneas.

ultradelgados, para la empresa *Thermal Processing and Gate Division, Applied Materials*. Se impartieron cursos a la empresa IBM de México, así como a la empresa *Applica Manufacturing*; con la empresa GPI Mexicana de Alta Tecnología, S.A. de C.V. se realizó una evaluación de resistencia a fatiga de 7 muestras de conectores voltaje y corriente y la determinación de la existencia de níquel y plata en 2 muestras de conectores para medidor K400. Además, se realizó un análisis de defectos en rines AR57, R147 y L26 de la empresa American Racing Manufactura; se realizó un proyecto vivienda semilla en las zonas rurales con la Asociación Inter-Acción (Organización no Gubernamental de Desarrollo), Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno del Estado de Querétaro; asimismo, con la empresa Physical Sciences Research Labs, Motorola se inició un estudio químico y geométrico del crecimiento sobre silicio de monocapas de estroncio y bario y de sus óxidos, para la fabricación de dispositivos electrónicos.

Finalmente, con las empresas *Moxtek Inc* y *Ovonyx*, se iniciaron acuerdos de confidencialidad recíproca con el objeto de establecer las bases a las que deberán sujetarse las relaciones de colaboración entre ambas instituciones, respecto a la organización y desarrollo de programas y otras acciones en las áreas de interés mutuo.

En la Unidad Mérida se realizó, dentro del Departamento de Recursos del Mar, un proyecto de caracterización ecológica, actual y retrospectiva, de los hábitat bénticos y su relación con la pesquería de langosta *Penulirus argus*, Bahía de la Ascensión, reserva de la

Tabla 30. Programas de vinculación academia-industria.

Programa	Número	Unidad/Departamento
Sistema de Investigación Justo Sierra (SISIERRA)	2	Mérida
	1	Irapuato
Fondo del Sistema de Investigación Miguel Hidalgo (SIHGO)	1	Biotecnología y Bioingeniería
	3	Irapuato
Sistema de Investigación Alfonso Reyes (SIREYES)	3	Satillo

Biosfera de San Ka'an. Se realiza el mapeo de campos pesqueros en la Bahía de la Ascensión para su regularización por las autoridades correspondientes. Con la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera y Pescadores de Vigía Chico, Q. Roo, se lleva a cabo la caracterización del fondo. Se llevó a cabo un monitoreo de la dársena de CALICA (evaluación biológica y de calidad de agua y sedimento) y monitoreo del agua de lastre de los barcos de CALICA (nutrientes e hidrocarburos). Se brindó servicio externo departamental solicitado por Calizas Industrializadas del Carmen (CALICA). Se ha participado en el monitoreo ambiental del sitio CALICA (Playa del Carmen, Q. Roo) desde antes de la construcción de esta obra, realizando la evaluación de impacto.

Por otro lado, la producción de crías de tilapia es utilizada dentro del programa de acuicultura rural promovido por la SAGARPA entre los campesinos de Yucatán. Por lo que respecta al Departamento de Física Aplicada, se llevó a cabo el desarrollo del proyecto "Desempeño del zinc y sus aleaciones en barras de refuerzo en tropical marino", el cual es financiado por el Common Fund for Commodities de la ONU. En el proyecto se investiga la resistencia a la corrosión del zinc y sus aleaciones sobre acero de refuerzo en estructuras parcialmente sumergidas en agua de mar o en atmósfera marina. Asimismo, con la empresa avícola regional Granjas Fernández, se realizó un estudio de "La degradación de sistemas de recubrimientos galvanizados con pintura y sin pintura en jaulas para pollos de engorda".

En la Unidad Guadalajara, la Empresa Motorola certificó a esta unidad como centro de diseño autorizado

para el desarrollo de sistemas usando procesadores de Motorola. Además, se impartieron a la GS Comunicaciones cursos de capacitación en telecomunicaciones, así como la maestría en ciencias a los ingenieros de la planta de Siemens. Se llevaron a cabo consultorías, pruebas y diseños de circuitos integrados e impresos con las empresas Atmel, Intel Intec, Hewlett Packard. Para la Empresa 3M se dio el desarrollo completo de un producto electrónico (*hardware, firmware y software*).

El Departamento de Ingeniería Genética de la Unidad Irapuato brindó asesoría a la Compañía Cuervo para la identificación de plantas (autenticidad) y control de calidad del tequila, y se llevó a cabo el desarrollo de biofertilizantes para la producción orgánica de hortalizas en el Estado de Guanajuato, para la empresa LAPISA. Por otro lado para el Consejo Regulador del Tequila se está realizando un diagnóstico para la evaluación de hongos y enfermedades del agave. Asimismo, a la Compañía Biotecnología 2000 (Productores de papa del Estado de Guanajuato) se le brindó apoyo en la detección de patógenos en plantas; del mismo modo con la Compañía Biotec Internacional, se realiza la identificación y aislamiento de promotores específicos al óvulo y la semilla botánica de papa.

Programas Conacyt de vinculación academia-industria

En este periodo, el Cinvestav continuó participando en diez proyectos de investigación dentro del Programa de Investigación Regional, coordinado por el Conacyt (tabla 30).

5. Programa de legislación académica

Este programa permite continuar con el proceso para establecer el marco legal por el cual se norman las actividades, tanto sustantivas como de apoyo administrativo en el Cinvestav. En este periodo se registran avances en la elaboración de los reglamentos y normas, resultado del trabajo de las diferentes comisiones establecidas al respecto.

Tabla 31. Reglamentos y normas.

Nombre	Anteproyecto	Discusión CAC	Concluido	Expedido Junta Directiva
(a)Reglamento del Consejo Académico Consultivo				x
(b)Reglamento del Consejo Técnico Consultivo				x
(c)Estatuto del Personal Académico del Cinvestav				x
(d)Actualización del Reglamento General de Estudios de Posgrado	x			
(e)Manual General de Organización				x
(f)Actualización del Reglamento para la Clasificación y Promoción del Personal Académico	x			
(g)Actualización del Reglamento de la Beca de Exclusividad y Desempeño Académico	x			
(h)Reglamento para el Ingreso, Promoción, Otorgamiento y Renovación de Beca de Desempeño Académico de los Auxiliares de Investigación			x	
(i)Reglamento del Sistema de Apoyos y Estímulos para Estudiantes de Posgrado				x
(j)Reglamento de Ingresos Propios				x
(k)Reglamento de Protección y Coordinación en relación con la Investigación y la Salud	x			
(l)Reglamento de Seguridad	x			
(m)Reglamento del Bioterio		x		
(n)Reglamento de Usos del Incinerador				x

Organos institucionales

Consejo Académico Consultivo (CAC). Durante 2001 se realizaron 9 sesiones de Consejo, de las cuales 4 fueron ordinarias y 5 extraordinarias. De los trabajos realizados

Tabla 32. Alumnos atendidos en las unidades foráneas.

Unidad	Alumnos atendidos	
	2000	2001
Guadalajara	201	190
Irapuato	152	157
Mérida	130	147
Querétaro	41	64
Saltillo	96	106
Total	620	664

Tabla 33. Alumnos atendidos por área del conocimiento.

Área	Alumnos atendidos	
	2000	2001
CEN	30	34
CBS	87	100
TCI	490	517
CSH	13	13
Total	620	664

Tabla 34. Alumnos atendidos de otras instituciones.

Actividad	Unidades Foráneas
Tesistas de licenciatura	80
Prácticas profesionales	40
Verano de la Investigación	15
Servicio social	151
Tesistas de posgrado	65
Estancia de entrenamiento de posgrado	47
Estancia posdoctoral	1
Total	399

Tabla 35. Cursos impartidos.

Área	2001
CEN	17
CBS	20
TCI	130
CSH	9
Total	176

Tabla 36. Estudiantes graduados en las unidades foráneas.

Áreas	2000		2001	
	Maestría	Doctorado	Maestría	Doctorado
CEN	3	3	1	2
CBS	13	1	9	3
TCI	53	5	70	10
CSH			1	
Total	69	9	81	15

Tabla 37. Nuevos becarios Cinvestav en las unidades foráneas.

Área	Becas nuevas	
	2000	2001
CEN	7	11
CBS	14	8
TCI	141	144
CSH	7	-
Total	169	163

Tabla 38. Becarios Cinvestav (total) en las unidades foráneas.

Área	Becas vigentes	
	2000	2001
CEN	7	11
CBS	14	9
TCI	146	150
CSH	7	-
Total	174	170

Tabla 39. Nuevos becarios del Conacyt en las unidades foráneas en 2001.

Área	Estímulo otorgado			
	Maestría		Doctorado	
	En México	En el extranjero	En México	En el extranjero
CEN	1	-	3	2
CBS	-	3	-	3
TCI	19	2	16	12
Total	20	5	19	17

por el CAC, destacan los análisis de las propuestas de los programas de maestría y doctorado del Departamento de Farmacobiología, de la Sección Externa de Farmacología y la Sección Externa de Toxicología, así como la selección de los investigadores invitados al Consejo. Actualmente se encuentra en análisis la propuesta de modificación al programa de posgrado Especialidad en Materiales de la Unidad Querétaro.

Consejo de Coordinadores Académicos (CCA). En este periodo se inició la revisión del Reglamento General de Estudios de Posgrado; se nombraron dos nuevos miembros del Comité Evaluador del Sistema de Apoyos y Estímulos; se inició el proyecto de Promoción de los Programas de Posgrado del Centro; se analizó y discutió la Convocatoria 2001-2002 del Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional (PPFN) de la Secretaría de Educación Pública y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; se presentó el avance del Sistema de Información Académica (SINAC), y se acordaron las acciones para la etapa de operación de este Sistema.

Comisión de promoción y estímulos para los investigadores (COPEI). Esta comisión emitió, el 26 de febrero de 2001, la convocatoria para que los investigadores sometieran sus solicitudes de promoción y renovación de becas. El periodo regular de sesiones se llevó a cabo del 23 de abril al 14 de mayo. Se recibieron 434 solicitudes de renovación de beca de exclusividad y desempeño académico, y 149 de promoción, de las cuales se otorgaron 412 y 65 respectivamente.

El periodo de apelaciones se llevó a cabo del 30 de julio al 3 de agosto. Se recibieron 40 solicitudes de apelación para promoción, 18 para renovación de beca y 2 solicitudes nuevas de beca, de las cuales se aprobaron 15 promociones, 13 renovaciones de beca y las 2 solicitudes adicionales de beca.

Comisión Evaluadora Institucional (CEI). Se emitió la convocatoria para evaluación de auxiliares de investigación con fecha 18 de junio de 2001. Durante el periodo regular de sesiones del 11 al 13 de septiembre se recibieron 273 solicitudes de beca y 159 de promoción, de las cuales se otorgaron 269 becas y 151 promociones. Las apelaciones de la CEI, se llevaron a cabo el 14 de noviembre. Se recibieron 5 solicitudes de otorgamiento o renovación de beca, 2 de promoción y 12 para modificación de

puntuación, de las cuales se aprobaron 4 de beca, 2 de promoción y 12 de modificación de puntos.

Reglamentos y normas

En este periodo se ha trabajado en la normativa que regule las diferentes actividades académicas y técnicas que se realizan en la institución (tabla 31).

6. Programa de descentralización institucional

Nuevas contrataciones. Con respecto al 2000 el número de investigadores de las unidades foráneas presenta un incremento del 3.6% (figura 8).

Investigadores repatriados. De los seis apoyos otorgados por el Conacyt al Cinvestav a través del Fondo para Retener en México y Repatriar a los Investigadores Mexicanos, uno fue para la Unidad Querétaro, otro para la Unidad Irapuato y tres para la Unidad Saltillo.

Cátedras patrimoniales. De las 10 Cátedras Patrimoniales de Excelencia Nivel II otorgadas por el Conacyt al Cinvestav una fue para la Unidad Mérida.

Investigadores doctorandos. De los 171 investigadores en provincia 167 tienen el grado de doctor. El porcentaje de investigadores sin el grado de doctor es el 2.3%; sin embargo, todos se encuentran inscritos al doctorado (figura 9).

Investigadores en posdoctorado. Durante el 2001 dos investigadores de las unidades foráneas continuaron sus estancias posdoctorales.

Promociones de categoría. Como consecuencia del programa de superación académica, el número de investigadores en la categoría de Investigador Cinvestav 1 ha disminuido. En 2000 esta categoría representaba el 2.1% y actualmente representa sólo el 1.5% del total de los investigadores (figura 10).

Premios y distinciones. De los investigadores que recibieron premios y distinciones durante 2001, cuatro de ellos y un estudiante correspondieron a las unidades Irapuato, Querétaro y Saltillo (tabla 1).

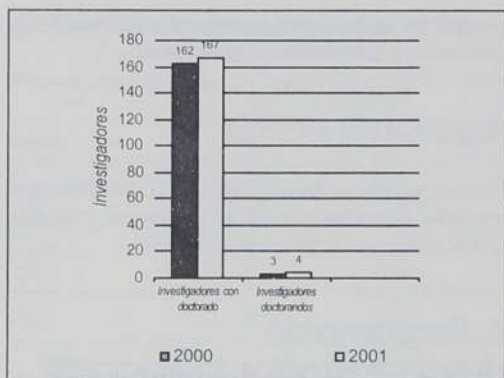


Figura 9. Distribución de investigadores con doctorado en las unidades foráneas.

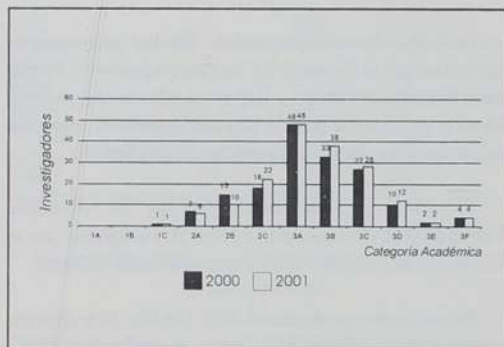


Figura 10. Distribución de investigadores por categoría y nivel académicos en las unidades foráneas.

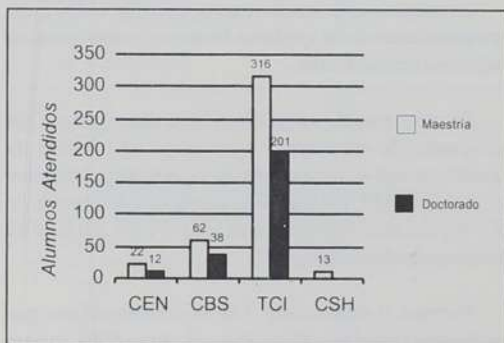


Figura 11. Distribución de los alumnos atendidos en las unidades foráneas.

Programas de maestría y doctorado. En el periodo estuvieron en operación 8 programas de maestría en ciencias (M) y 7 programas de doctorado en ciencias (D) en las especialidades que se cultivan en las unidades foráneas del Cinvestav (tabla 19).

Alumnos atendidos. En las unidades foráneas del Cinvestav, se atendieron 664 alumnos, que representan 32.2% del total (tabla 32). El aumento en la atención de alumnos en las unidades foráneas fue del 7.1% en relación con el año anterior (tabla 33 y figura 11).

Otros alumnos atendidos. Además de los alumnos registrados en los programas de maestría y doctorado, se atendieron 161 alumnos de prerequisites. Durante este año acudieron además 399 estudiantes de otras instituciones a las unidades foráneas del Cinvestav en busca de apoyo del personal académico (tabla 34).

Cursos de posgrado impartidos. El número de cursos impartidos durante el 2001 fue de 176, como se muestra en la tabla 35.

Maestros y doctores graduados. En el periodo reportado, se graduaron en las unidades foráneas 81 maestros en ciencias y 15 doctores en ciencias (tabla 36 y figura 12).

Becas otorgadas por el Cinvestav. Durante el periodo enero-diciembre el Cinvestav otorgó becas de corta duración, de uno a seis meses, en las cinco unidades foráneas del Cinvestav, a 163 estudiantes a quienes se les terminó la beca externa sin haber concluido su programa de estudios. También se otorgaron apoyos para estudiantes que ingresaron a cursos de prerequisites (tabla 37). Estas becas, sumadas a las ya otorgadas en periodos anteriores, hacen un total de 170 becas vigentes (tabla 38).

En el mismo periodo, el Centro otorgó 61 estímulos a estudiantes de las unidades foráneas para asistencias a congresos, 39 en México y 22 en el extranjero (tabla 39).

Becas otorgadas por el Conacyt. Se recibieron del Conacyt 147 nuevas becas para las unidades foráneas (tabla 40). Estas becas, sumadas a las ya otorgadas en periodos anteriores, hacen un total de 457 becas vigentes en ambos niveles de posgrado (tabla 41).

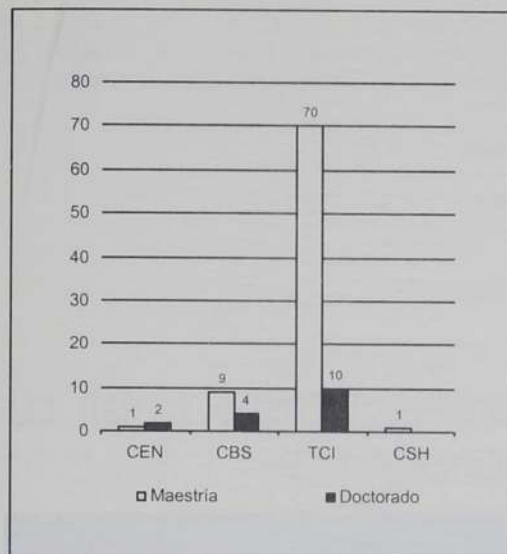


Figura 12. Estudiantes graduados, por área del conocimiento en las unidades foráneas (2001).

Tabla 40. Nuevos becarios Conacyt en las unidades foráneas (2001).

Área	Becas nuevas	
	2000	2001
CEN	7	9
CBS	13	30
TCI	115	108
CSH	6	-
Total	141	147

Tabla 41. Total de becarios Conacyt (2001).

Área	Becas vigentes	
	2000	2001
CEN	20	23
CBS	43	54
TCI	376	374
CSH	13	6
Total	452	457

7. Perspectivas

En el inicio del año 2003 el Cinvestav vivirá aires de cambio, lo cual no debe desviar o truncar los principales objetivos que han guiado hasta ahora el quehacer académico y científico de la institución; por ello se deberá continuar en algunos casos, y consolidar en otros, las acciones ya iniciadas al mismo tiempo que emprender nuevos retos que contribuyan al logro de las metas institucionales.

Como parte de las prioridades, la nueva administración deberá continuar superando las limitaciones adicionales impuestas por los recortes presupuestales y tratar de desahogar el déficit en el capítulo 1000 que se ha presentado año con año y para cuya resolución continúan las pláticas con las instancias responsables.

Además de estas consideraciones de orden económico, la buena marcha del Centro se vería facilitada por una normativa menos asfixiante y por relaciones laborales más racionales. El reto será lograr que los programas de investigación y docencia continúen en forma ascendente, como se ha venido haciendo a lo largo de la presente administración.

Será propicio reconocer la experiencia acumulada en materia de descentralización para, en caso de disponer de los recursos adecuados, consolidar nuevas iniciativas de descentralización.

El número de doctores que se titulan en el país sigue siendo extraordinariamente bajo, lo que hace que nuestras funciones básicas sean prioritarias para seguir formando investigadores y creando programas de posgrados que atiendan las necesidades de la sociedad, es decir avanzar en el desarrollo y la consolidación de sus diversos programas y proyectos.

Considerando lo anterior, la institución deberá continuar con las acciones emprendidas y proyectadas para aumentar la eficiencia y eficacia en la formación de maestros y doctores, incrementando la tasa anual de graduación de maestros y doctores.

Es necesario que, manteniendo la excelencia académica en la investigación básica, se cuente con un

mayor número de proyectos que contribuya a la solución de los problemas del país.

El esfuerzo desplegado a lo largo de siete años por crear órganos e instancias colegiadas, así como por incorporar procedimientos, normas y marcos legales que rijan la vida institucional, habrá de continuarse hasta su consolidación y puesta en práctica. Apegados a una visión objetiva, los resultados positivos obtenidos con los programas de gestión tecnológica, de legislación académica, de descentralización, de intercambio y de difusión, permiten conocer la necesidad de continuar con su desarrollo.



La física experimental en España

Carlos Chimal

El gusto e interés por la ciencia han aumentado notablemente en los países de habla hispana durante las recientes décadas y, no obstante, su reflejo en el desarrollo de ideas originales y tecnología de punta es casi nulo. A pesar de la nutrida asistencia a universidades como la Autónoma de Barcelona, en realidad las expectativas de millones de jóvenes están recortadas por una actitud vacilante en materia de política científica por parte de los gobiernos iberoamericanos. ¿Cómo se vive esto en España? Incluso en regiones tan pujantes y tradicionalmente ricas como Cataluña la situación es poco halagüeña. "Estamos en un factor tres por debajo de la media en Europa", nos dice el director del Instituto de Física de Altas Energías (IFAE) de Barcelona, el doctor Enrique Fernández, "y esto es un problema muy importante que no sólo ocurre en nuestra disciplina. También sucede en otras áreas experimentales. Tenemos una tradición muy orientada a lo teórico y la ciencia experimental, la llamada gran ciencia, no acaba de encajar en nuestro sistema".

¿Cuáles son las perspectivas de grupos como el IFAE, un esfuerzo conjunto de la Generalitat de Cataluña y la Universidad Autónoma de Barcelona? Para hablar de ello visitamos al doctor Fernández en las instalaciones del IFAE, dentro del campus universitario localizado en las afueras de la ciudad condal, muy cerca del poblado de Sabadell. Allí mismo platicamos con uno de sus colegas en la construcción del telescopio MAGIC, el doctor Menel Martínez.

Carlos Chimal, novelista y ensayista científico, es colaborador de Avance y Perspectiva.

ATLAS/ALEPH

Carlos Chimal (CC): ¿Cuál es la participación del IFAE en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC por sus siglas en inglés), el nuevo acelerador de CERN que, según se nos dice, empezará a funcionar en el año 2007?

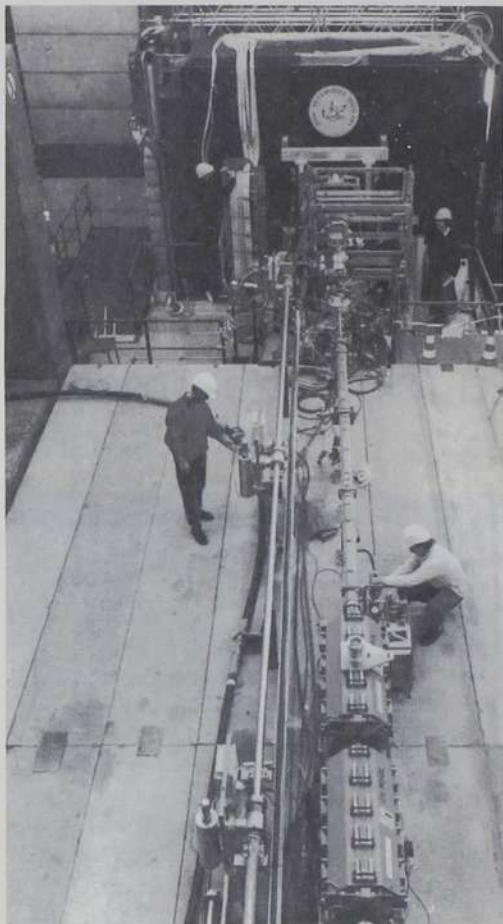
Enrique Fernández (EF): Estamos colaborando en el experimento llamado ATLAS, dentro del cual nos hemos responsabilizado de un subdetector, un calorímetro hadrónico que, como casi todo en ATLAS, es enorme.

CC: ¿Cómo es?

EF: Está formado por tres cilindros, uno central y luego dos que llamamos cilindros extendidos. Para darnos una idea del tamaño, el cilindro central tiene una longitud de ocho metros y los cilindros extendidos, cuatro metros cada uno. Estos cilindros extendidos están compuestos de 64 módulos. Cada uno de esos 64 módulos pesa unas 12 toneladas. Lo que estamos haciendo aquí es ensamblar esos 64 módulos que constituirán uno de los cilindros extendidos. El otro cilindro se está fabricando en Estado Unidos, una colaboración entre la Universidad de Michigan y el Fermi National Laboratory (Fermilab). El cilindro central, que es aún mayor, se construye en el CERN. La producción es complicada desde el punto de vista logístico, pues el hierro proviene de un sitio, el plástico centelleador de otro, las fibras ópticas de otro más. La electrónica fue diseñada en un sitio diferente; en fin, parte se construye aquí y parte ya viene en módulos completamente hechos. Sin embargo, el ensamblaje final se hace aquí. Así que cada vez que se termina un módulo, como dije, de unas 12 toneladas, viene un camión y se lo lleva para el CERN.

CC: Entiendo que si se trata de un detector para el LHC, debe ser un calorímetro hadrónico. ¿Cuáles son sus características principales?

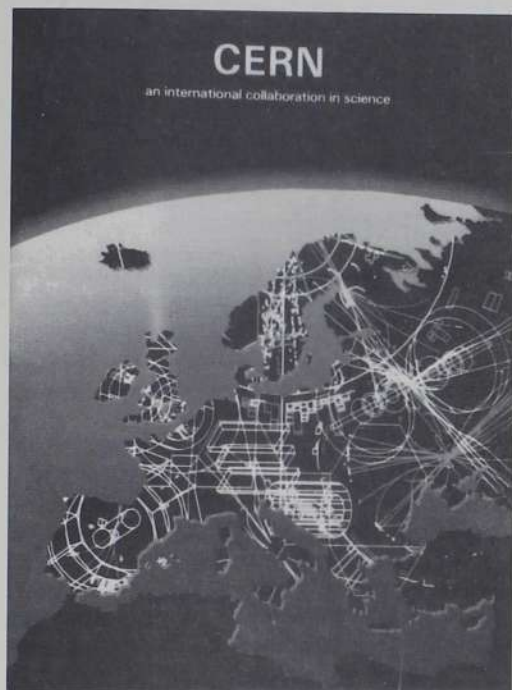
EF: En efecto, es un calorímetro hadrónico pensado para medir la energía de esta clase de partículas; estará ubicado alrededor del calorímetro electromagnético y tiene un diseño un poco peculiar, ya que está hecho con unas tejas de plástico centelleador, de hecho, miles de tejas que están orientadas para que, al entrar en el calorímetro, las partículas que interaccionan y producen partículas secundarias acaben pasando por estos centelleadores.



Esto tiene una gran ventaja, pues de esta manera las fibras ópticas, que van en los bordes y salen hacia fuera de una manera natural, lo que hacen precisamente es sacar la luz proveniente de los centelleadores. Esa luz se convierte en una corriente eléctrica que podemos medir.

CC: ¿Por qué optaron precisamente por el calorímetro?

EF: Debo decir antes que estas colaboraciones son muy complicadas, no sólo en cuanto al diseño y construcción de artefactos como el calorímetro del que hablábamos antes, sino también por diversos aspectos de orden sociológico. El detector es enorme y uno puede decidirse a construirlo de muchas maneras. En realidad,



fue una decisión estratégica el haber elegido hacer el calorímetro, pues era algo que requería de una cierta infraestructura, la cual nos interesaba mucho construir y potenciar aquí, en Barcelona. Y tampoco era algo especialmente complicado desde un punto de vista tecnológico. No es que fuera fácil pero era algo que nosotros podíamos abordar con nuestros medios y que podíamos terminar bastante bien.

Ahora bien, dentro del proceso del LHC, hay que hacerlo relativamente pronto. Entonces, una vez que hayamos terminado este artefacto, que es nuestra contribución al detector, podremos orientarnos más hacia el análisis y hacia el estudio de temas más novedosos. Hasta ahora la participación de Barcelona en ATLAS está yendo muy bien.

CC: En cuanto a nuevos proyectos, ¿son prioritarios o simplemente objetivos a mediano plazo?

EF: Son muy importantes para nosotros. Creo, incluso, que es más importante ahora buscar una diversificación

de experimentos en un instituto como el nuestro. Y como instituto queremos tener no sólo una meta sino varias. Otro aspecto a destacar es que los experimentos en este tipo de ciencia, en física de altas energías, y en otras disciplinas, son experimentos a muy largo plazo. Uno tiene que empezar años antes de que los experimentos produzcan datos, y no se puede estar con un experimento sin datos y sin análisis de física durante seis o siete años, hacer física y luego parar otra vez. Hay que combinar lo que se hace y se tiene de tal modo que siempre haya un poco de física, sin olvidar un poco de construcción y de preparación para el experimento siguiente.

Es vital darse cuenta de que el LHC va a tardar todavía siete años u ocho años, no lo sabemos y, claro, puesto que somos un centro de investigación al lado de una universidad, queremos tener estudiantes que hagan física. Esto nos ha ayudado a abrirnos en varias direcciones.

CC: Antes de involucrarse en el diseño y construcción del LHC colaboraron en LEP (*Large Electron Positron Collider*), ¿en cuál de los experimentos y qué tan fructífera fue su participación?

EF: Trabajamos en ALEPH. Este es un experimento que acaba de terminar y fue sumamente fructífero. Por parte del IFAE hemos hecho 19 tesis doctorales dentro del experimento ALEPH y nos quedan dos. Así que, al cabo del tiempo, habremos generado 21 tesis doctorales, lo cual significa, entre otras cosas, 21 nuevos doctores en física. El experimento, como todo en LEP, funcionó a las mil maravillas y nos tardaremos años en apreciar realmente las implicaciones de este desaparecido acelerador en el futuro de la física de altas energías. Pero, bueno, LEP ya terminó y decidimos ir al paso siguiente, que es el LHC.

MAGIC

CC: ¿Existe alguna otra línea de investigación bajo este espíritu diversificador?

EF: Sí, hay un tema en el que llevamos años pensando. Pertenecer a un campo intermedio entre la astrofísica y la física de partículas. Algunas personas lo llaman física de astropartículas, aunque yo creo que el nombre más correcto es astrofísica de alta energía o astrofísica de partículas.



En este contexto nos hemos metido en un experimento que se lleva a cabo en las Islas Canarias, pensado para estudiar fuentes de rayos gamma no de la máxima energía, como puede ser el Proyecto (Pierre) Auger, que se ha montado en Argentina y que resulta muy interesante.

CC: ¿El proyecto que dirige el profesor James W. Cronin?

EF: El mismo. Por el contrario, nuestro proyecto pretende estudiar estos rayos pero a las mínimas energías posibles en experimentos basados en el suelo. Lo hemos querido así dado que ocurre un fenómeno muy curioso, y es que los detectores sobre rayos gamma que se han venido haciendo se montan en satélites. Pero estos experimentos sólo han llegado hasta una cierta energía, ya que, al verse obligados a caber dentro de un satélite, tienen que ser pequeños y, por tanto, la cantidad de rayos cósmicos de alta energía que llega a ellos es muy pequeña, decrece con la energía. Esto les impide observar datos de altas energías, pues apenas alcanzan unos 10 GeV. Por otra parte, los experimentos que se efectúan en el suelo sólo empiezan en 300 GeV, dado que los rayos tienen

que pasar a través de la atmósfera. Hay, pues, una zona de energías que no está explorada; es la única zona en todo el espectro electromagnético que no está explorada. Esto es uno de los objetivos del experimento en el que nos hemos metido, llamado MAGIC, que consiste en explorar esta zona, arriba de los 10 GeV.

CC: Qué significan las siglas MAGIC?

EF: *Major Atmospheric Cherenkov Gamma-ray Imaging Telescope*. La idea es que llegan partículas de 50 a 100 GeV, entran a la atmósfera y entonces interaccionan con otras partículas terrestres. Durante esta interacción se producen partículas secundarias, algunas de las cuales llegan hasta el suelo, aunque no es esto lo que observamos. Lo que vemos es la luz que producen estas partículas secundarias cuando se producen en las altas capas de la atmósfera. Esa luz, en particular la llamada luz Cherenkov, llega al telescopio, éste la recoge y nos dice cuánta energía tiene la partícula, de dónde viene y también si se trata de un rayo gamma, de una partícula cargada, un rayo cósmico cargado, podemos obtener todos estos detalles con cierta precisión. Y de esto se trata, de aumentar la precisión.

CC: Con base en técnicas bien establecidas.

EF: Sí, la detección de luz Cherenkov fue perfeccionada por un experimento que se hizo en Arizona durante muchos años, en el Observatorio Whipple.

CC: ¿Qué tan grande será el nuevo telescopio?

EF: Será el de mayor diámetro de todos los que operan con esta técnica. Su disco tiene 17 metros de diámetro, y se encuentra en construcción. La mayoría de las piezas de la estructura ya está en Canarias, donde se está terminando de colocar la plataforma que soportará el telescopio. Aquí, en el IFAE de Barcelona, somos responsables enteramente de la construcción de la cámara que va en el punto focal. MAGIC tiene una forma de parábola y recoge la luz que se refleja en los espejos dispuestos en la parábola. Esto también lo hemos construido aquí. Para dar mayores detalles, mi colega Manel Martínez nos hablará de este proyecto.

Manel Martínez (MM): Estamos frente a uno de los 64 módulos de que hablaba antes Enrique Fernández.

Cada uno de ellos es como un gajo de una naranja y forma un cilindro cuyo peso alcanza unas 12 toneladas. Está hecho de miles de placas de hierro, entre las cuales se colocan unos plásticos llamados centelleadores, pues tienen la propiedad de emitir luz cuando pasa una partícula cargada. Y esta luz se recoge en racimos de fibras ópticas que, a su vez, emiten luz en otra frecuencia.

Adentro de los racimos de fibra óptica hay lo que se llama un fotomultiplicador, un aparato que recibe un pulso de luz y lo transforma en una señal electrónica. Dicha señal, la cual se transmite por cables y sale del detector, es lo suficientemente alta como para ser transmitida y detectada de lejos. En cuanto al armario donde se encuentran los fotomultiplicadores, tiene una longitud de cuatro metros, es muy sensible y su diseño es muy confiable y eficaz. Esta es una de las cosas que se hacen aquí, en Barcelona, antes de enviarlas a CERN. Las construyen los estudiantes y técnicos. Los plásticos centelleadores se fabrican en Moscú. Se trata de un plástico que lleva impurezas añadidas, que son las responsables de que se emita la luz cuando pasa la partícula cargada.

CC: ¿Cuáles son las fuentes de estos rayos cósmicos?

MM: Estamos hablando de los mensajeros más energéticos que llegan a la Tierra. Nos traen noticias de lo que ocurre fuera y eso está relacionado con los procesos más energéticos que ocurren en el Universo, los fenómenos más violentos a escalas que nos cuesta trabajo imaginar. Fuentes típicas que emiten rayos gamma son los agujeros negros muy masivos, localizados en el centro de algunas galaxias, y los pulsares, esto es, estrellas de neutrones que giran muy rápidamente. También lo son las explosiones de supernova, donde se liberan cantidades inimaginables de energía. Medir estos rayos gamma nos ayuda a entender las fuentes donde se producen. Estas partículas que se propagan a distancias cosmológicas y que son de la más alta energía también sirven para estudiar cómo funciona el espacio interestelar. Para entender las propiedades del espacio vacío, que realmente no está tan vacío como nos parece. Asimismo, nos ayudará a entender cómo se ha ido expandiendo el Universo, cómo este espacio vacío se ha ido creando. Intentar entender preguntas fundamentales de cosmología también es un objetivo de MAGIC.

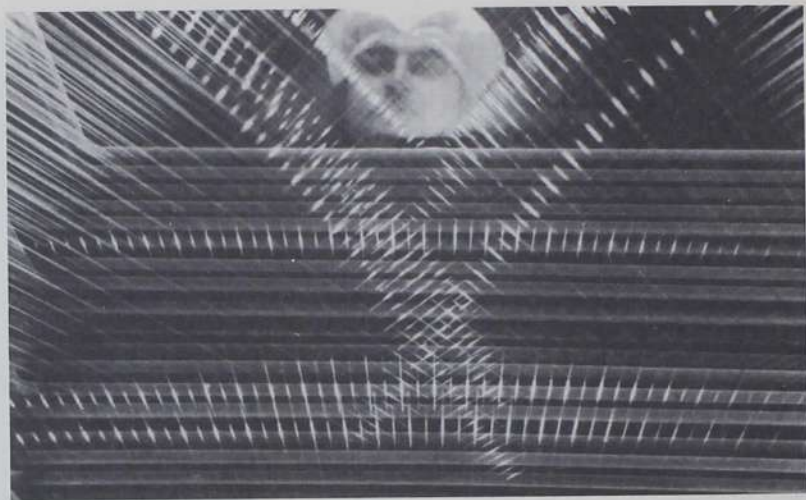
CC: En términos prácticos, ¿qué hará el telescopio?

MM: Tiene que detectar radiación Cherenkov en la atmósfera, que es una radiación bastante singular, como dijo Enrique Fernández, pues es luz producida por partículas que en un líquido viajan más rápido que la luz, lo cual parece contradictorio. Sabemos que la luz en el vacío tiene una velocidad imposible de superar; pero en un medio material sabemos que va más lenta y eso depende del índice de refracción del medio material.

Las otras partículas que existen, electrones, positrones, hadrones, todas esas partículas pueden ir más rápido que la luz en un medio material. Cuando eso sucede se produce una onda de choque parecida a la que provoca un avión supersónico al rebasar la velocidad del sonido en el aire, es decir, una onda de Mach. Pues esa onda de choque nosotros la vemos como una radiación electromagnética, lo que se llama la radiación de Cherenkov. El objetivo de este telescopio es estudiar los rayos gamma que llegan a la atmósfera porque estos rayos no son capaces de alcanzarnos directamente, ya que la atmósfera actúa como un medio que los detiene y hace que no incidan directamente sobre nosotros. En la medida que los detiene, crean una cascada de partículas muy energéticas y muy rápidas, más rápidas que la luz en el aire, y estas partículas producen la radiación Cherenkov. Entonces, la manera en que nosotros detectamos un rayo gamma cuando incide en la atmósfera es mediante un destello, un haz súbito de radiación Cherenkov. Digo un destello porque la duración de esta onda de choque de luz es del orden de 10^{-9} segundos. El objetivo de este telescopio es mirar la atmósfera e intentar ver si de vez en cuando aparecen destellos de esta radiación Cherenkov. Esto hace que el diseño de la cámara aquí en el IFAE sea un poco complejo, pues necesitamos que sea sensible a muy bajo nivel.

CC: ¿Qué quiere decir esto?

MM: Estamos hablando de una cámara de unas 600 células, que nosotros llamamos píxeles, y a la que esperamos que lleguen muy pocos fotones, típicamente entre tres y cinco cuantos de luz. ¿Cómo es posible que esa cámara, que mira a través del telescopio constantemente hacia el cielo nocturno, blanco prácticamente por la cantidad de estrellas que hay, nos permita detectar estos destellos de Cherenkov? Primero, porque los píxeles tienen una sensibilidad muy alta, pueden ver niveles de luz muy bajos; y segundo, debido a que dichas células reaccionan muy rápido. Así que sobre un continuo de



luz, que es muy alto, somos capaces de ver un pequeño pico que corresponde a este destello durante unos instantes. Estas dos características, en general, son antagónicas en el diseño de fotosensores. Uno hace cosas muy sensibles pero con un tiempo muy largo de trabajo, o muy poco sensibles con una reacción muy rápida. Y nosotros vamos al rincón donde las cosas son muy difíciles porque queremos ambas.

Radiografía digital

CC: Enrique, ¿cuándo piensan que MAGIC estará arrojando datos reales?

EF: Probablemente a finales del año 2002. Digamos que ésta es una de las líneas de investigación básica que más nos interesa. Aunque también me gustaría mencionar otra línea que hemos seguido con mucho interés y que tiene que ver más con investigación aplicada.

CC: ¿A qué campo?

EF: Aplicada en particular a equipos de detección que pueden ser utilizados en medicina. Estamos tratando de desarrollar una cámara de rayos X digital, hecha con un material semiconductor, de manera que una persona que necesite hacerse una radiografía reciba una dosis

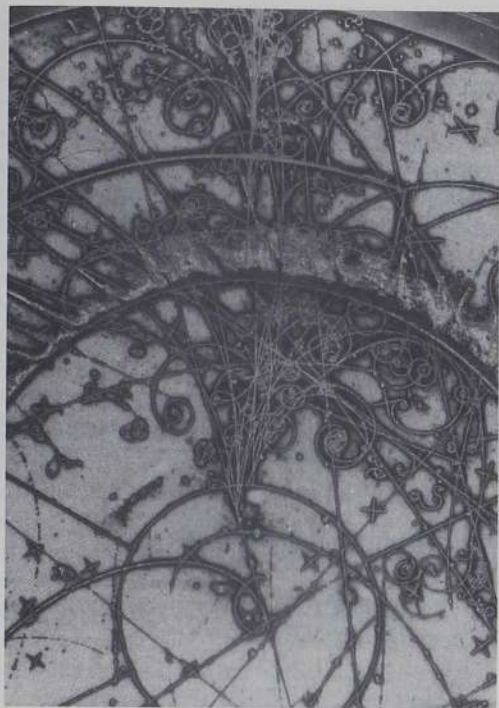
mucho menor que la que se envía en las radiografías convencionales y que utilizan películas fotográficas.

CC: ¿Cuánto menos?

EF: Mucho menor, con un factor de 50 veces menos riesgo. La idea es utilizarla de manera masiva en mamografías. Con esto llevamos ya casi un par de años. Es un proyecto bastante complicado, pues está financiando por la Comunidad Europea. Es un proyecto que lideramos nosotros pero donde intervienen tres hospitales, uno en Viena, otro en París y el tercero en Sabadell, muy cerca de aquí. También colaboran tres institutos de investigación. Nosotros, el Instituto Nacional de Microelectrónica y un instituto italiano, además de una empresa, también italiana. O sea, hay siete grupos de investigación que estamos en esto.

CC: ¿Cómo es, a grandes rasgos, esta cámara?

EF: Tiene dos componentes. Una es el sensor de rayos X, que es un novedoso semiconductor denso, y la otra es la electrónica que va pegada encima, la cual estará basada en un chip que se está desarrollando en el CERN. Su poder será alto, pues si pensamos en las cámaras de video digitales que están de moda, que suelen tener unos 4 megapixels, esta cámara contaría con más de 20 megapixels.



CC: ¿Esto significa menos radiación para la persona?

EF: Exactamente, estamos hablando de cantidades muy bajas de luz que van en forma de rayos X. Claro, el costo también es enormemente mayor que el de una cámara comercial. Por supuesto el prototipo es muy caro pero estamos en ello. No sabemos si lograremos llegar a algo pero esto es lo que significa hacer investigación.

Grid cibernético

CC: ¿Hay algún otro proyecto de envergadura que nos ilustre sobre el estado de la física experimental en España?

EF: Sí, existe un aspecto muy ligado a nuestro quehacer, no sólo el del IFAE.

Se trata de un nuevo concepto en informática, ideado por dos norteamericanos. La idea es hacer computación distribuida, mucho más allá de lo que actualmente se

entiende por ese concepto. Su nombre en inglés, *grid*, establece una analogía con las redes eléctricas. Uno enchufa cualquier aparato en cualquier parte del mundo donde haya una parrilla, una red de surtido eléctrico y obtiene energía. Del mismo modo, uno se conectaría a este *grid* cibernético y, sin importarle dónde están los ordenadores que permiten distribuir la información, uno podría crear nueva información, no sólo intercambiar datos e imágenes sino hacer computación de una manera totalmente transparente y distribuida.

CC: Uno enchufa su computadora y listo.

EF: Exactamente. Este tipo de computación se presta muy bien para lo que se necesitará en el LHC, dado que la cantidad de información que se va a generar será enorme; estamos hablando de varios cientos de *terabytes* por año. Y este volumen fabuloso no puede moverse físicamente con facilidad de un sitio a otro. Simplemente no se va a poder duplicar. Además, la cantidad de recursos informáticos que se necesitan para manejar toda esta información será igualmente gigantesca. El análisis y el tratamiento de todos estos datos no podrá hacerse a la manera tradicional, como se ha hecho hasta ahora. Hacen falta herramientas y el *grid* sería muy apropiado para enfrentar este problema. Por ello una serie de institutos de física de altas energías y de otras ciencias se han unido tanto en Estados Unidos como en Europa para desarrollar estos conceptos en un contexto práctico, el LHC. El proyecto está financiado por la Comunidad Europea y nosotros somos uno de los institutos que está implicado en este proyecto. Si bien nuestra participación es pequeña, hay unas cuatro personas aquí que trabajan en esto, el tema nos interesa *per se* y por razones obvias, debido a nuestra colaboración en ATLAS.

CC: ¿Cómo operaría este surtidero cibernético?

EF: El equivalente a la central eléctrica sería el CERN, dado que es el LHC la máquina que generará esa enorme cantidad de datos. Luego habría centros importantes en otros países, centros de nivel 0, nivel 1, nivel 2, etcétera. Aunque por ahora la jerarquía no está bien definida, en España aspiramos a tener uno de estos centros, al menos de nivel 1. Y hay una circunstancia favorable, el hecho de que Manuel Rufino, físico venezolano afincado en España desde hace años e investigador de la Autónoma de Barcelona y del IFAE, es al mismo tiempo director de



la División Informática del CERN. Ahora mismo lleva tres años en ese puesto y quiere volver a España. Por nuestra parte, y debido a que nos interesa este tema, como he dicho, hay ya la decisión política de apoyar este centro por parte de la Universidad Autónoma de Barcelona, el gobierno de Cataluña y el CIEMAT, con sede en Madrid, donde hay un grupo que también hace investigación en física de partículas, entre otras disciplinas. Así, estas tres instituciones crearán una fundación que se ubicará aquí, en la Universidad Autónoma, al lado nuestro. Ello muestra cuán relacionado está el IFAE con todo esto, ya que la persona que nos va a ayudar en principio, Manuel Rufino, salió de aquí, y la primera cosa que va a hacer el *grid* es ayudar en manejar los datos emanados de los experimentos del LHC, en lo cual ya estamos implicados.

CC: ¿En cuanto a tópicos de investigación básica en la que estén orientando sus capacidades dentro de la física experimental?

EF: Uno implica diseñar un experimento de neutrinos; otro requiere de un experimento menos cercano a las subpartículas y más próximo a la astrofísica pura, más aún que MAGIC. Hemos estado hablando con investigadores en los Estados Unidos a fin de observar supernovas, pues nos hemos dado cuenta de que este campo de las altas energías puede contribuir a otros

muchos. Por ejemplo, en el campo de la astrofísica pura, la instrumentación no es muy distinta de la que nosotros inventamos y empleamos. Asimismo, la clase de personal que nosotros tenemos es la misma. Nosotros contamos con ingenieros electrónicos que pueden hacer perfectamente este tipo de aparatos. Ahora bien, en esto de detectar supernovas se requiere de un espectrógrafo, que no es muy distinto al de la cámara de MAGIC. Estamos usando tecnologías muy parecidas. Y, bueno, como aquí en España la astrofísica teórica está bastante desarrollada pero hay muy poca gente que haga instrumentación, entonces creemos que podemos jugar un papel ahí. Y lo estamos explorando. Esto es algo que no se puede hacer de un día al otro pero estamos un poco en ese camino, con bastante ímpetu de hecho. Yo creo que acabaremos haciendo algo de este tipo pero es prematuro decirlo ahora.

Aceleradores favoritos

CC: Una pregunta frívola. ¿Tienes un acelerador favorito? Supongo que será LEP. Pero, ¿por qué?

EF: Debo decir que trabajé muchos años en SLAC, (Stanford Linear Accelerator Center) en los Estados Unidos, que era también un acelerador bello.

CC: ¿Cuál preferirías?

EF: Ambos. No tengo un favorito porque no es tanto el acelerador, sino las partículas que aceleran. Y es que estamos hablando de leptones, esto es, de un electrón y un positrón. No hay nada más simple en este estado inicial. Esas dos partículas son realmente elementales. LEP fue la máquina que llevó este tipo de interacciones a la máxima energía, y como acelerador funcionó con una precisión más allá de lo que se esperaba. Superó todas las predicciones de diseño; realmente funcionó como un reloj suizo. En cambio, un acelerador como el LHC acelerará protones. Entonces, cuando dos protones colisionen lo que nos interesará no será la colisión de un protón con un protón, sino la colisión de uno de los quarks dentro de un protón con uno de los quarks adentro de otro protón, tal vez el choque de uno de los gluones que se irradian con un quark, o bien la colisión de un segundo gluón irradiado con un quark distinto. Pero no nos interesará el choque de los protones en sí, sino el de los componentes de dichos protones. Y, claro, puesto que en

este choque están todos los demás componentes que también colisionan, esto hace que las colisiones no sean tan limpias. Así las cosas, desde este punto de vista mi acelerador favorito es el que hace física de leptones. También debemos decir que el Tevatron de Fermilab, en las afueras de Chicago, y que hace colisionar protones contra protones, ha sido capaz de hacer una física de precisión con este tipo de partículas iniciales, lo cual también sorprendió a la comunidad científica.

CC: ¿En qué estado se encontraba el Modelo Estándar antes y después de LEP?

EF: Yo diría que antes de LEP el Modelo Estándar de la materia era eso, un modelo, mientras que después de LEP se convirtió en una teoría que funciona extraordinariamente bien. Entonces, desde un punto de vista experimental no hemos visto nada nuevo en los últimos años. Sin embargo, todo mundo sabe que el Modelo Estándar tiene demasiadas coincidencias, numerosos parámetros y aspectos de los cuales se desconoce por qué funcionan tan bien. De hecho, operan mejor de lo que deberían. ¿Por qué? Tiene que haber una razón detrás y todo mundo confía, yo creo que hay razones de peso para esperararlo, que el fondo se empiece a revelar en el LHC. Si no es así, si en el LHC no aparece nada nuevo más allá del Modelo Estándar, yo creo que la siguiente generación tiene un problema, y es que nadie sabría cuál debería ser el siguiente paso a seguir.

CC: ¿Es una situación crítica?

EF: Sí, es una situación crítica, pero ha habido situaciones en la física similares y después han surgido nuevas revoluciones.

CC: ¿De dónde surgiría este nuevo paradigma? ¿De las supersimetrías?

EF: Supersimetría es lo que la gente espera. Tiene muchas atractivos desde un punto de vista conceptual. Sin embargo, la supersimetría real también está rota. Tampoco es una simetría exacta, a pesar de que se llame supersimetría. Y es precisamente en esa ruptura donde hay una enorme cantidad de parámetros de los que no sabemos ni su origen ni su naturaleza. Ahora mismo la situación es muy confusa porque, como no se ha visto

nada, está todo abierto. Si apareciesen las partículas supersimétricas, quizá toda esta situación se clarificaría, incluso de manera relativamente rápida. Por otra parte, la supersimetría no deja de ser una conjetura y puede ser que no exista.

CC: ¿Cuál sería el camino a seguir para demostrar que existe una supersimetría?

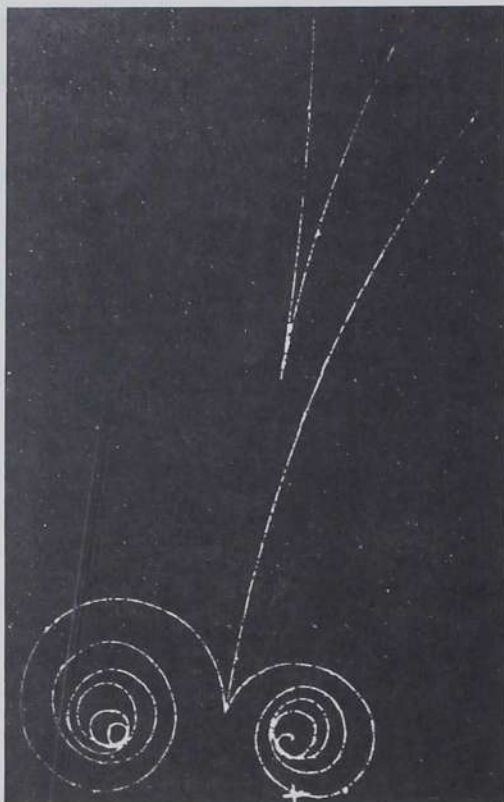
EF: Desde el punto de vista experimental, si hay una supersimetría tiene que aparecer en el LHC, tiene que estar en la escala de masas que el LHC puede explorar. Si no está, ocurre algo muy radical y distinto de lo que pensamos y de lo cual no tenemos una idea clara.

CC: ¿Qué clase de señales esperarían observar para confirmar la existencia de tales partículas supersimétricas?

EF: Puesto que las partículas supersimétricas también se desintegran de una manera determinada, es probable que muestren su identidad si las hipótesis son ciertas. El problema es que hay infinitos estudios de posibles escenarios, dependiendo de qué clase de partículas supersimétricas haya, qué masa tengan, cómo se desintegran. Como dije, hay tantos posibles escenarios que es realmente confuso, desde un punto de vista experimental, hablar siquiera de la búsqueda de supersimetría. Yo creo que, incluso, estamos abusando de todas estas cosas, metiéndonos en detalles, cuando está claro que hasta ahora no se ha visto nada. Encontremos algo y luego empecemos a hablar de detalles, de lo que es y lo que no es, y cómo puede ser.

CC: Además del acelerador favorito, en esta serie de entrevistas he emprendido una especie de encuesta sobre lo que cada físico opina acerca de otra idea extravagante, al menos para el público, las supercuerdas.

EF: A mí esto se me escapa, a nivel técnico... Pero, en fin, tengo que creer lo que me dicen los grandes gurus de la física: Que sí hay una esperanza para entender cierta teoría fundamental de las supercuerdas. El problema, como digo, es la manera de verificar esto experimentalmente. Está muy lejos de lo que se puede hacer en términos técnicos, por lo menos con lo que sabemos hasta ahora. Y es que esta separación de la teoría y la experimentación ha sido muy negativa en física. Esta ciencia siempre ha progresado cuando ha sido posible



contrastar teoría y experiencia. Las supercuerdas nos llevan a un terreno en el que, de entrada, estamos abandonando la experiencia y esto no deja de ser un problema. Pero, en fin, esperemos. Estamos en una etapa conceptual, es un tema muy difícil y muy rico desde el punto de vista matemático. Ya veremos si las supercuerdas llegan a algo coherente.

CC: En cuanto a otras propuestas o modificaciones al Modelo Estándar, ¿hay alguna alternativa interesante?

EF: Sí, hay muchas ideas más allá del Modelo Estándar, aunque no dejan de ser fenomenológicas. No estamos hablando ya del terreno que pisan las supercuerdas, estamos hablando de modificaciones plausibles a lo que es el Modelo Estándar para explicar tal o cual aspecto.

CC: ¿Cuál sería una demostración experimental plausible?

EF: Por ejemplo, que los neutrinos tienen masa. Esto ya lo sabemos. Los experimentos de neutrinos atmosféricos y neutrinos solares nos indican claramente que estas partículas elusivas oscilan. Y si lo hacen quiere decir que tienen masa, lo cual va más allá del Modelo Estándar sin derribar el edificio entero².

CC: ¿En qué términos?

EF: Lo que pasa es que es relativamente sencillo modificar el Modelo Estándar para acomodar la masa de los neutrinos. No digo que sea trivial, pues depende de si dichos neutrinos son del tipo Dirac o del tipo Majorana (que sean o no sus propias antipartículas). Pero una vez que se sepa qué masa tienen y de qué tipo son, es seguro que podremos construir una teoría coherente más allá y que será el Modelo Estándar modificado, el cual incluirá el hecho de que los neutrinos tengan masa y otros aspectos.

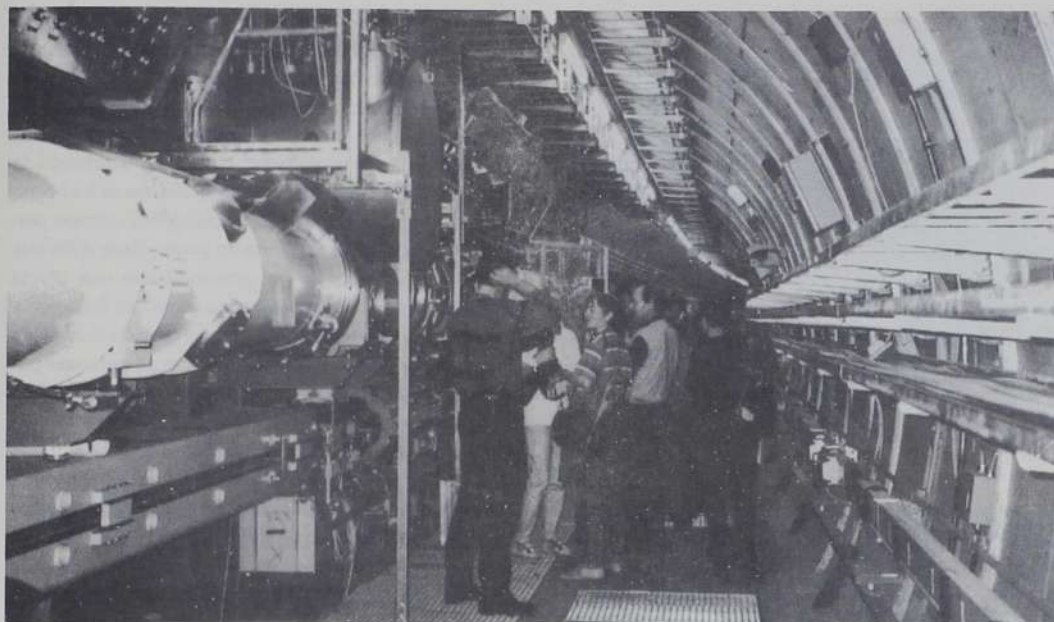
El hecho de que tengamos sólo tres familias de leptones y tres familias de quarks claramente indica que algo hay ahí, que no puede ser por casualidad. Y nadie tiene idea de por qué es así. Esto sí que sería interesante entenderlo. Quizá la diferencia está en la masa, porque después de todo las familias se diferencian por la masa. Como quiera que sea, estamos frente a temas muy intrigantes.

CC: ¿Por ejemplo?

EF: Digamos, el que el electrón con su neutrino sea igual al muon con su neutrino es algo que nadie tiene idea de por qué sucede y puede derivar en una disciplina más que interesante. Tiene que haber algo profundo ahí; es algo experimental, es una realidad física y, sin embargo, no tenemos explicación para ella.

España y la gran ciencia

CC: El tema de la gran ciencia es un estigma de la física de altas energías que se exhibe de vez en cuando, en particular en momentos de crisis económica y recortes presupuestales. ¿Cómo se vive esto en España?



EF: Yo no creo en esto de los experimentos grandes y la ciencia pequeña. No le doy absolutamente ninguna importancia. La ciencia es única. Si se hace en un pequeño laboratorio o en una gran instalación, los costos siempre serán altos y la derrama tecnológica abundante. En ambos sitios se ha hecho muchísima tecnología de altísimo nivel. ¿Cuál es la diferencia? Un espectrómetro, cantidad de utensilios, formas de mantener bajas temperaturas, detrás de eso hay una enorme tecnología que se ha desarrollado durante años. La diferencia es que nosotros inventamos y fabricamos nuestros aparatos, y eso ya no lo contamos cuando hablamos de experimentos de altas energías. No obstante, esto no tiene ninguna relevancia conceptual; yo creo que se exagera mucho cuando se habla de “la gran ciencia” y “la pequeña ciencia”. La ciencia es única.

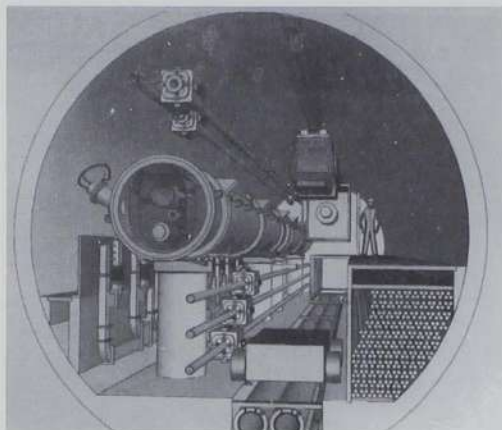
CC: Buena o mala, como la literatura.

EF: Exactamente, igual que la música.

CC: ¿Puedes darnos un panorama de la evolución del IFAE, como un centro de física experimental adscrito

a una universidad con sus propias exigencias académicas? ¿Cómo se inserta en el panorama de la política científica ibérica?

EF: En España hubo un periodo, desde los años de 1980 y sobre todo entre 1986 y 1992, en el que hubo un desarrollo científico muy notable. En ese entonces también se concretó una acción muy importante. Me refiero a la creación de un Plan Nacional de Investigación y Desarrollo (I + D). Este plan se encargó de elaborar una serie de programas nacionales con el propósito de potenciar ciertas áreas de investigación, dotándolas de presupuestos y de una manera racional de distribuir el dinero. La idea era no sólo poner dinero sino invertirlo bien. Así que este Plan Nacional, dentro de las limitaciones que cualquier acción tiene, empezó a dar dinero a proyectos concretos de investigación de manera competitiva. Es decir, en lugar de dar el dinero a centros de investigación y universidades, y dejar que ese dinero lo distribuyesen las autoridades entre los investigadores, como comúnmente se hace, se prefirió dar dinero directamente a proyectos de investigación específicos y a los investigadores, quienes tuvieron que empezar a gestionar sus propios recursos monetarios.



Esto jugó un papel esencial en el desarrollo de la física experimental de altas energías. Por desgracia, hacia 1992 hubo un frenazo en la cantidad de dinero que se dio a la investigación. El problema vino de otro lado, pues así como hubo un esfuerzo en gastar dinero, no se propuso cambiar las estructuras. Yo creo que en España se dejó de gastar más dinero porque tampoco las estructuras fueron capaces de absorberlo bien. Esas cosas van unidas. No quisiera hablar por toda la investigación científica, porque tampoco la conozco tan bien, pero en el campo de las altas energías lo tenemos clarísimo: se ha fallado porque no hubo un esfuerzo paralelo orientado a crear estructuras de investigación, lo cual significa absorber personal de alto nivel, el personal adecuado y de la manera adecuada. Esto se dejó en manos de organismos que ya existían en las universidades y en el CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), los únicos que tenemos. Y entonces las universidades, que no absorben personal de la misma manera y por los mismos criterios que el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo, se reparten los puestos dentro de los departamentos por motivos primordialmente docentes, y dejan de lado los propósitos científicos. Esto es lo que ha fallado.

CC: ¿Cuánto los afecta?

EF: Mucho, porque la física experimental de altas energías es una ciencia relativamente nueva en España. Empezó al unirse España otra vez al CERN, en los años de 1980. Su presencia dentro de las universidades no es grande, los grupos son más bien pequeños, y se da que

cuatro o cinco personas están manejando mucho más dinero que grupos de 20 personas. ¿Por qué?, ¿porque el grupo de cuatro tiene demasiado dinero o porque a las otras 20 les corresponde muy poco pues son muchas? Yo diría que les toca menos en algunas áreas porque hay demasiados investigadores. No se ha cambiado la estructura de las áreas de investigación, no se ha hecho nada, se han dejado al azar la política de contratar personal y la política de crecimiento y esto, claro, a los que no hemos crecido en las universidades nos afecta especialmente, y además por ser un área que llegó tarde. De hecho, si nos comparamos con el resto de Europa en el campo de altas energías, el número de personas por dinero invertido en el CERN o por cada 100,000 habitantes, como se quiera, *grosso modo* estamos en un factor de tres por debajo de la media en Europa, y esto es un factor muy grande, lo cual representa un problema muy importante que, además, no sólo ocurre en altas energías. Tenemos una tradición muy orientada a la investigación teórica y la ciencia experimental, la llamada gran ciencia, no acaba de encajar en nuestro sistema.

A pesar de todo, aquí en Barcelona nos hemos salvado, en cierto modo, gracias al IFAE, porque es un centro de investigación que se ha creado al margen de las estructuras universitarias y del CSIC. Es un organismo que tiene una estructura llamada de consorcio público y que fue creado por la Universidad Autónoma de Barcelona y el departamento de Universidades e Investigación de la Generalitat, del Gobierno Regional de Cataluña. Es, pues, un organismo que tiene personalidad jurídica propia y recibe una subvención directa a través de un mecanismo del gobierno regional, por lo que los criterios de selección del personal, tanto técnico como científico, no están ligados a la política universitaria. Eso nos ha permitido crear un tipo de investigación distinta del promedio. Por ejemplo, todo mundo sabe que si uno no tiene ingenieros de primera no puede hacer ciertas cosas en términos experimentales. Estos problemas estructurales los tenemos resueltos, ya que contamos con tres ingenieros superiores de plantilla, que son ingenieros profesionales y están al cien por ciento dentro del instituto. Junto a ellos tenemos alrededor de cinco o seis ingenieros que están haciendo su proyecto de fin de carrera y que vienen a participar en proyectos novedosos.

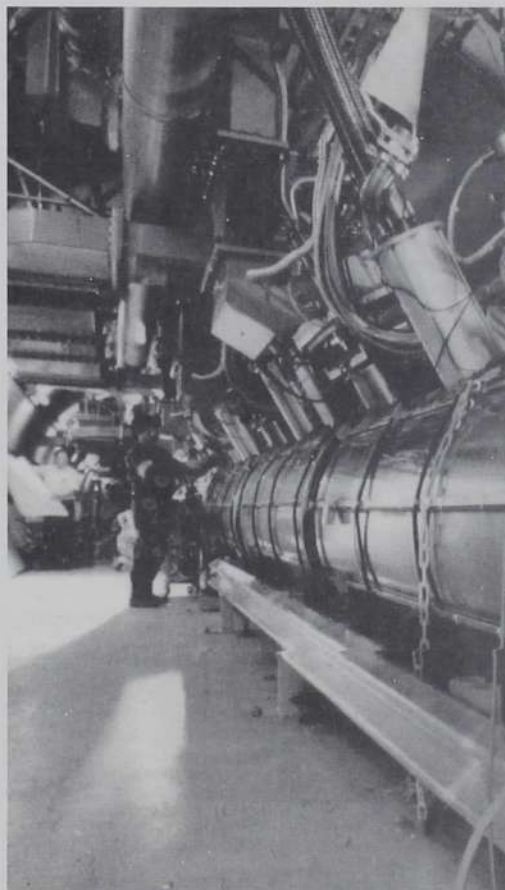
Por otra parte, y teniendo en cuenta de dónde venimos, la participación española en el LEP y ahora en el LHC

ha sido muy exitosa. Si bien es minoritaria, ha tenido un peso específico, algo que no ha sido trivial desde que empezamos. Para resumirlo, hemos tenido un crecimiento muy rápido y muy bueno, muy entusiasta, y ahora hemos frenado un poco. Creo que estamos en una especie de limbo, en un territorio de Platón llenos de ideas y esperanzas.



Notas:

1. Véase C. Chimal y G. Herrera, *Avance y Perspectiva* **20**, 112 (2001).
2. O. Miranda, *Avance y Perspectiva* **21**, 3 (2002).



Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

Nuevo Vallarta, Nayarit

14 al 16 de noviembre del 2002

El programa técnico del congreso cubre los siguientes aspectos:

Recursos y medio ambiente

Acuacultura

Pesquerías

Tecnología de alimentos

Ordenamiento costero

Informes:

Comité Organizador
Departamento de eventos especiales
Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar
Dr. Jiménez No. 47 Col. Doctores
Delegación Cuauhtémoc
06720, México, D.F.
Tels: (55) 55 78 57 21/30 65/26 33/17 51 Ext. 131
Directo y Fax: (55) 55 78 56 17/56 75
inuecytm@sep.gob.mx
tecuecytm@sep.gob.mx

concebido dentro de un proyecto institucional para conmemorar el cuadragésimo aniversario del Cinvestav. Si la vida no empieza en nuestra institución a los cuarenta, como augura la sentencia popular, el libro de Susana nos demuestra que finalmente la historia sí está espigando en el Cinvestav al bordear su cuarta década de existencia. La publicación de este libro representa varios hitos en la historia misma del Cinvestav que me gustaría abordar a continuación.

Editorial Cinvestav

Los altos estándares de rigor académico establecidos por Arturo Rosenblueth como director fundador del Cinvestav incluyeron la consigna institucional de siempre publicar en las revistas (o casas editoriales) de mayor prestigio internacional. Como consecuencia, el Cinvestav nunca ha generado su propio sello editorial o ha patrocinado revista alguna para canalizar la publicación de las investigaciones de su personal académico. Aunque no con el propósito de distribuirlo comercialmente, *Recordar hacia el mañana* se convierte en uno de los primeros libros en ser publicado con el sello editorial del Cinvestav¹. El proyecto de conmemoración incluye la publicación de dos libros más del Cinvestav; uno sobre el desarrollo histórico de cada



Recordar hacia el mañana: creación y primeros años del Cinvestav 1960-1970, de Susana Quintanilla, 2002

Miguel Angel Pérez Angón

La vida empieza a los cuarenta

El libro de Susana Quintanilla *Recordar hacia el mañana* fue

El Dr. Miguel Angel Pérez Angón, investigador titular del Departamento de Física del Cinvestav, es director editorial de *Avance y Perspectiva*. Dirección electrónica: mperez@fis.cinvestav.mx.

departamento, sección y unidad y otro con entrevistas a investigadores fundadores.

Pieza histórica

Este libro es el primer texto completo y ambicioso que pretende reconstruir, con una visión integral, la gestación y los primeros pasos de la vida académica del Cinvestav. Para ello se basó en los pocos documentos que se han conservado sobre el origen del Cinvestav y en entrevistas con los fundadores y primeros miembros de nuestra comunidad que están dispersas en varias revistas de difusión. En este sentido, *Recordar hacia el mañana* es heredero de la tesis de maestría de Rebeca Reynoso, "El Cinvestav: análisis de caso de institucionalización de la ciencia en México", dirigida por María de Ibarrola en el Departamento de Investigaciones Educativas. María misma presidió la comisión editorial que se propuso empezar a rescatar la historia del Cinvestav y publicar estos libros conmemorativos. El libro de Susana Quintanilla es entonces la primera obra histórica de una institución, el Cinvestav, que nunca incluyó a la historia como un área científica de su competencia. Además, el libro preserva una buena porción de la iconografía histórica sobre los fundadores de nuestra institución.



Texto fresco y ameno

Con más de veinte años de ser testigo de la actividad de divulgación publicada en *Avance y Perspectiva*, me atrevo a calificar el libro de Susana Quintanilla como una de las obras más frescas, espontáneas y amenas publicadas por un miembro de la comunidad del Cinvestav. Y lo que pasa es que a los "científicos duros" no nos brota de manera natural la buena pluma. Investigadora del mismo Departamento de Investigaciones Educativas, con una licenciatura y un doctorado en pedagogía otorgado por la UNAM, Susana Quintanilla se ha interesado en la historiografía de la educación y en la historia de la ciencia. Este

primer fruto es una excelente muestra de su oficio como historiadora. Ojalá que su lectura entre los investigadores jóvenes y los estudiantes ayude a fortalecer el orgullo por la institución que hemos intentado desarrollar en las últimas cuatro décadas.

Nota

1. Hasta donde tengo conocimiento, con la publicación de este libro se solicitó por primera vez a la Dirección General de Derechos de Autor el registro internacional ISBN que identifica al Cinvestav como casa editorial. Existen dos libros que fueron publicados en 1971 también con el sello editorial del Cinvestav: A. Rosenblueth, *El método científico* y J. García Ramos, *Libro homenaje a Arturo Rosenblueth*.

X Mexican School of Particles and Fields

Playa del Carmen, México, October 30 to November 6, 2002

The Division of Particles and Fields of the Mexican Physical Society has dedicated this school to celebrate the 60th birthday of Augusto García and Arnulfo Zepeda, pioneers of this field in Latin America. The scientific program will include about 70 review lectures on recent advances in high energy experimental physics, elementary particle phenomenology, quantum field and string theory.

Organizing Committee

G. Contreras, Cinvestav-UM
U. Cotti, IFM-UMSNH
J. C. D'Olive, ICN-UNAM
R. Flores, IF-UASLP
R. Huerta, Cinvestav-UM
R. Juárez, ESFM-IPN
O.G. Miranda, Cinvestav
M. Mondragón, IF-UNAM
M.A. Perez, Cinvestav
A. Rosado, IF-BUAP
G. Tavares-Velasco, IFM-UMSNH

Sponsors

CLAF, CLAFM, ICTP, Conacyt,
Cinvestav, DPF-MPS, IFM-UMSNH,
ICN-UNAM, IF-UNAM, IF-UASLP,
ESFM-IPN, IF-BUAP

Further information:

<http://dpvc.smf.mx/School2002>



XLV CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS



Colima, Col. 8-12 septiembre del 2002

DR. CORONA TELLEZ
Fisiología y de la Salud

Conferencias magistrales

Dr. Bertil Hille

Department of Physiology and Biophysics, University of Washington

Dr. George Augustine

Department of Neurobiology, Duke University Medical Center

Dra. Herminia Pasantes

Departamento de Neurociencias, Instituto de Fisiología Celular, UNAM

Dr. Frank Porreca

Department of Pharmacology, University of Arizona Health Sciences Center

Cursos precongreso

Carteles y sesiones orales

Simposios

Concurso de tesis de posgrado

Sede: Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas, Universidad de Colima

Inscripciones: Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C.

e-mail: buzon@smcf.fisio.cinvestav.mx <http://smcf.fisio.cinvestav.mx/index.html>

Fax: (52) 57 47 38 00 +5720