

# AVANCE Y PERSPECTIVA

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

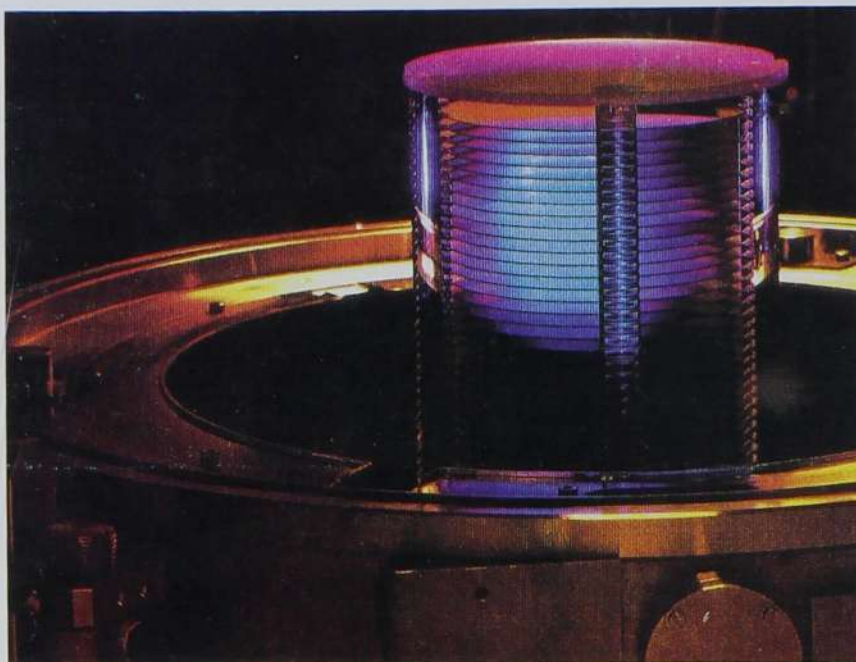
Vol. 12, marzo-abril de 1993 México ISSN 0185-14111 • N\$ 5.00

BIBLIOTECA  
AREA BIOLÓGICA

Física Experimental de Altas Energías

Biología Molecular de Parásitos





**INVITAN A INVESTIGADORES INTERESADOS EN REALIZAR UNA ESTANCIA POSTDOCTORAL EN LOS LABORATORIOS DE METROLOGÍA MÁS AVANZADOS DEL MUNDO:**

- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST) DE LOS EE.UU.
- INSTITUTO DI METROLOGIA GUSTAVO COLONNETI (IMGC) DE ITALIA
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) DE CANADA
- PHYSIKALISCHE TECHNISCHE BUNDESANSTALT (PTB) DE ALEMANIA

La presente convocatoria esta dirigida a científicos que deseen realizar investigación de alto nivel en alguno de los laboratorios participantes.

Los programas de investigación en metrología involucran un amplio espectro de disciplinas y éstos podrán realizarse en cualquiera de las siguientes áreas.

- ELECTRONICA E INGENIERIA ELECTRICA
- INGENIERIA DE PRECISION
- CIENCIAS QUÍMICAS
- FÍSICA

- CIENCIA DE MATERIALES
- CIENCIA DE LA COMPUTACION
- BIOTECNOLOGIA
- OPTICA

Los investigadores seleccionados recibirán apoyo económico mediante una beca postdoctoral.

Mayores Informes: Dr. Juan Manuel Figueroa Estrada (CENAM) Tels: 683 2388 y 754 6812

Dr. Sergio Jiménez Sandoval (CINVESTAV-IPN) Tel: 754 6589

# AVANCE Y PERSPECTIVA

Centro de Investigación y de Estudios  
Avanzados del IPN-CINVESTAV

**Director:** Feliciano Sánchez Sinencio  
**Secretario Académico:** Julio G. Mendoza Alvarez  
**Editor:** Miguel Angel Pérez Angón  
**Coordinación editorial:** Martha Pérez de Izarrarás  
**Diseño y cuidado de la edición:**  
Rosario Morales A. y Ana Laura Ramírez Y.  
**Redacción:** Carlos Chimal  
**Tipografía:** Carolina Herrera Z.

## CONSEJO EDITORIAL

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

**Fotografía:** Alfonso Medina

**Apoyo:** Sección de Fotografía del CINVESTAV

**Captura:** Ma. Eugenia López y Pilar Moreno

**Distribución:** Sección coordinadora de cursos  
en provincia

*Avance y Perspectiva*, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a marzo-abril de 1993, volumen 12, se terminó de imprimir en febrero de 1993. El tiraje consta de 7,000 ejemplares. **Editor responsable:** Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Diseño y Reproducción en Artes Gráficas, Quemada 313-301, Col. Narvarte, 03600 México D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1993, vol. 12, pág. 120. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. Publicación patrocinada por el CONACYT.

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

## Sumario

### Vol. 12, marzo-abril de 1993

- 
- 67 Investigación disciplinaria y enfoque sistémico  
*Guy Duval*
- 77 Investigadores extranjeros en el CINVESTAV  
*Arturo González Pérez*
- 

### Física experimental de altas energías

- 81 Presentación  
*Gerardo Herrera Corral*
- 87 Los nuevos cazadores de partículas  
*Carlos Chimal*
- 95 El barión  $\Lambda^0$   
*Julián Félix Valdez*
- 101 Una experiencia de verano en el CERN  
*Guillermo Contreras y Leonel Magaña*
- 105 E791, un experimento para observar la transformación de materia en antimateria  
*Gerardo Herrera Corral*
- 

### Avances de Ciencia y Tecnología

- 113 Biología molecular de parásitos  
*Esther Orozco*
- 

### Perspectivas

- 117 Retos de la ciencia y la tecnología en México  
*Ciro Falcony*
- 

### 121 Noticias del centro

---

Portada: Trazas generadas por partículas cargadas en una cámara de burbujas.

BIBLIOTECA  
ÁREA BIOLÓGICA

# XI ESCUELA LATINOAMERICANA DE MATEMÁTICAS (ELAM)

15 AL 27 de agosto de 1993

Ciudad de México y Guanajuato, MEXICO

## ►►► Topología, Álgebra y sus aplicaciones ◀◀◀

### C U R S O S

#### ► Topología

Grupos topológicos  
New trends in homotopy theory  
Topología algebraica en espacios de funciones  
Topología de 4 variedades  
Topology of Manifolds  
Puntos críticos de funciones diferenciales  
Topología de singularidades complejas

W. Comfort (U. de Wesleyan, EUA)  
D. Ravenel (U. de Rochester, EUA)  
S. Gittler (U. de Rochester, CINVESTAV)  
A. Sánchez (CIMAT, México)  
Ronald Stern (U. California, Irvine, EUA)  
S. López de M. (IMATE-UNAM, México)  
Le Dung Trang (U. de París VII)

#### ► Álgebra

Sistemas de raíces y grupos de Weyl  
Álgebra conmutativa  
Representaciones de álgebras  
Grupos cuánticos Claus

J. Humphreys (U. Massachussetts, Amherst, EUA)  
Aaron Simis (U. Estatal Bahía, Brasil)  
J.A. de la Peña (IMATE UNAM, México)  
M. Ringel (U. de Bielefeld, Alemania)

#### INFORMES

CIMAT, Guanajuato, Gto.  
Xavier Gómez-Mont  
Fax: (473) 257-49  
Tel: (473) 271-55  
E-mail CIMAT@UNAMVMI.BITNET

IMATE-UNAM, México, D.F.  
José Antonio de la Peña  
Fax: (5) 548-20-07 y 548-94-99  
Tel: (5) 622-45-20 al 30  
E-mail IMATE@UNAMVMI.BITNET

# Investigación disciplinaria y enfoque sistémico

*El enfoque sistémico ha sido utilizado por investigadores de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del Cinvestav, dentro del programa de investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, a un caso particular: la reconstrucción evolutiva del estado nutricional de grupos sociales determinados.*



Pierre Drillaud

## Guy Duval

### Introducción

El desarrollo histórico del conocimiento científico y de los métodos utilizados en su construcción ha conducido a la disociación del saber en campos disciplinarios separados. La investigación de la realidad, aun cuando funcione como un todo indis-

ciado, se plantea como un conjunto de tareas aisladas que deben realizar científicos especializados, capaces de describir y explicar distintos fenómenos desde la perspectiva de su propia disciplina.

Tal manera de abordar los problemas ha permitido, sin lugar a dudas, grandes avances en las distintas ramas de la ciencia. Con el establecimiento de marcos conceptuales propios para cada rama de la ciencia, y con el avance de técnicas experimentales específicas, se han desarrollado líneas de investigación con grandes éxitos teóricos y aplicativos en las ciencias físicas, biológicas y psi-

El Dr. Guy Duval es profesor titular de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del Cinvestav. Su área de interés es el análisis sistémico de la interacción sociedad-naturaleza.



co-sociológicas. No parece haber razón alguna para modificar esa forma de desarrollo del quehacer científico que ha mostrado ser capaz de lograr no sólo avances espectaculares en la construcción de sólidas teorías explicativas de fenómenos que pertenecen al dominio de las ciencias establecidas, sino también verdaderas revoluciones científicas, en el sentido de Kuhn<sup>1</sup>.

La gran repercusión social de esta evolución de las ciencias alcanza actualmente a una buena parte de la humanidad y determina el perfil de la civilización contemporánea gracias a los adelantos técnicos que ordenan la vida cotidiana. Pero lo anterior no agota los problemas que deben ser abordados por la ciencia.

Por una parte, estos mismos adelantos han permitido plantear nuevos problemas que no pueden estar encerrados en un único campo del conocimiento, porque abarcan dos o más de las disciplinas en que ha quedado fraccionado el saber científico. La búsqueda del conocimiento ha implicado así, en su devenir, el enfrentarse continuamente a cambios y ampliaciones de los planteamientos teóricos, en la definición misma del campo delimitado por las teorías.

Por otra parte, hay numerosos e importantes aspectos de la realidad que corresponden a situaciones y fenómenos que no se explican si se mantienen fraccionados por las disciplinas. Estos objetos

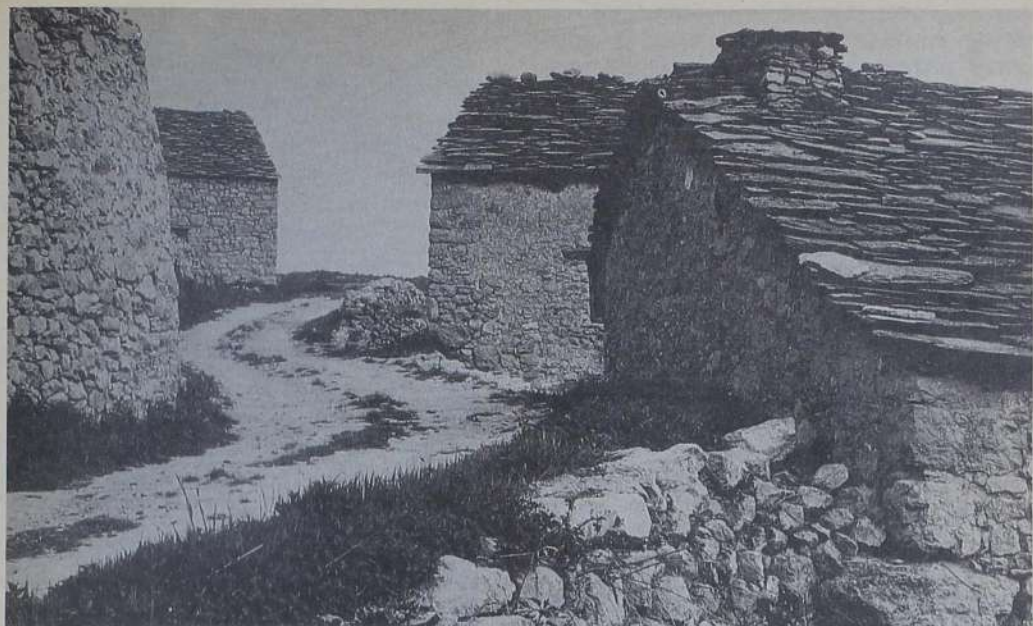
constituyen temáticas cuyo estudio no permite mantener las separaciones clásicas de las ciencias. No poder establecer un marco teórico que trascienda las grandes agrupaciones del saber por disciplinas, constituiría en principio una limitante insuperable para abordar esas temáticas. En tal circunstancia, estaríamos condenados a conocer la realidad en forma fraccionada, sin poder integrar los conocimientos parciales en un intento por explicar fenómenos y situaciones en las cuales lo que está en juego es el funcionamiento de una totalidad<sup>2</sup> constituida por elementos heterogéneos que pertenecen al dominio de diversas disciplinas.

En los dos tipos de problemas que hemos señalado intervienen más de una disciplina, pero de diferente manera. En el primer caso, se trata de problemas que están en la *frontera* entre ramas de la ciencia. Su estudio requiere la concurrencia de teorías, métodos y técnicas de las disciplinas correspondientes. En ocasiones llegan a constituir una problemática con un cierto grado de autonomía y con tal envergadura que dan lugar a nuevas disciplinas. Así se constituyeron la fisicoquímica, la biofísica y la psicolingüística, entre muchas otras.

En el segundo caso, la participación de distintas disciplinas se da de un modo muy diferente, *determinado por las características del objeto de estudio*. Desde la perspectiva que ofrece la teoría de Sistemas Complejos, a la cual responde el presente trabajo, el concepto de *investigación interdisciplinaria* se aplica sólo a este caso. Utilizaremos un ejemplo para aclarar el sentido de esta afirmación.

La producción agraria y las condiciones de vida de los campesinos constituyen una preocupación permanente para la mayor parte de los países del llamado Tercer Mundo. Agotamiento de suelos, sobreexplotación de recursos hídricos, devastación ecológica, impactos catastróficos de sequías e inundaciones, niveles crecientes de pobreza campesina, desnutrición y hambrunas, constituyen, en mayor o menor grado, un panorama generalizado de deterioro y miseria que ha pasado a primer plano de la atención mundial.

¿Qué es lo que ocasiona esta situación? Los estudios tradicionales tienden a buscar, en cada



caso, una razón específica, que sería la causa del deterioro. Se invoca entonces la explosión demográfica, la ignorancia de los campesinos, el atraso tecnológico o los cambios climáticos.

Tales explicaciones no han logrado nunca poner de manifiesto los mecanismos del deterioro, porque se limitan a traducir el resultado de análisis parciales, de carácter estrictamente disciplinario. Se identifican de esta manera factores que, considerados aisladamente, aparecen como *determinantes* del deterioro, cuando son solamente *factores agravantes* de males con raíces múltiples y profundas. Aquel elemento que en una situación dada se exhibió como la *causa* del deterioro, se convierte entonces en *bouc émissaire* de dichos males. La visión unidisciplinaria fracciona ese objeto de estudio y, al analizar cada componente por separado, pasan por alto las múltiples interrelaciones que determinan el funcionamiento del objeto como una totalidad organizada.

El ejemplo que hemos esbozado puede considerarse como un caso representativo del tipo de *objeto de estudio* cuya problemática —como hemos

señalado más arriba— requiere un enfoque interdisciplinario. En efecto, los problemas del desarrollo social de una comunidad campesina no se entienden en forma adecuada si se analizan únicamente los procesos sociales que tienen lugar en ella, sin tomar en cuenta los procesos productivos y su estrecha correlación con el medio natural, que sirve de soporte a la producción y que es transformado por el humano. Indiscutiblemente, es necesario estudiar los diferentes elementos que quedan involucrados en esa compleja realidad. En ningún caso basta la simple adición de los resultados de los estudios especializados para dar cuenta de las interrelaciones que rigen dicho funcionamiento.

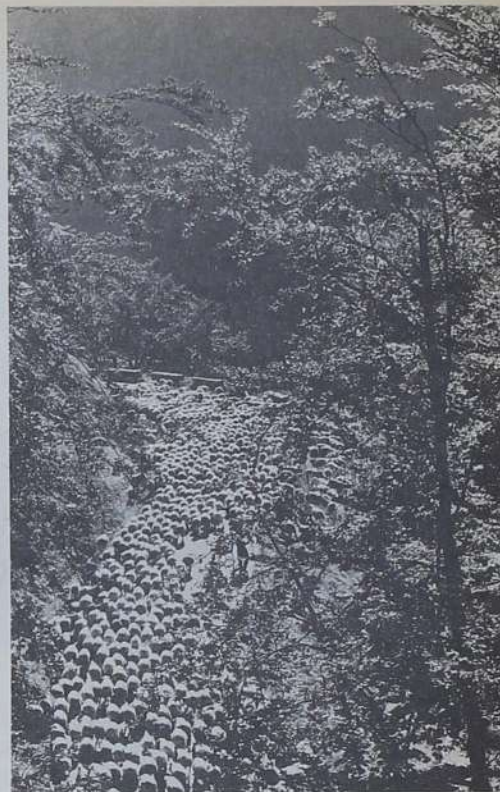
El caso particular manejado no está tomado al azar, sino que es representativo del tipo de proyectos de investigación que se han venido desarrollando en una de las áreas de la Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia del Cinvestav (SMTC)<sup>3,4</sup>. El objetivo último de tales estudios no ha sido realizar un diagnóstico para conocer las raíces de los problemas que padece una determinada región agraria del país o diseñar políticas alternativas para asegurar lo que hoy se llama "un

desarrollo sustentable". Independientemente del valor que puedan tener estos resultados, los consideramos sólo un *subproducto* de las investigaciones, cuya meta es la construcción de marcos conceptuales y metodológicos que permitan lograr un *estudio integrado* de las problemáticas descritas. Si la adición de estudios disciplinarios, por profundos que ellos sean, no basta para obtener un diagnóstico integrado, ¿cómo se investigan esas situaciones? ¿Hay formas de *combinar* los resultados de los estudios parciales, es decir, los aportes de cada disciplina? Dicho de otra manera: ¿en qué consiste, en esos casos, una investigación interdisciplinaria? Para hallar una respuesta adecuada, es necesario —como en toda investigación científica— formular el problema con precisión. Esto nos obliga a replantear el ejemplo anterior.

## Sistemas complejos<sup>5</sup>

En los proyectos realizados en la SMTC, el estudio de una región agraria, con su producción característica, sus recursos naturales, sus formas de trabajo, las condiciones de vida de la población y el manejo de la economía, forma parte del programa de investigación interdisciplinaria de sistemas complejos. Dentro de este programa, llamamos *sistema* a un conjunto de elementos heterogéneos que funcionan como una totalidad con un cierto grado de organización<sup>6,7</sup>. El calificativo de *complejo* se aplica en los casos en que los elementos del sistema pertenecen al dominio de distintas disciplinas (en nuestro caso: ecología, agronomía, sociología, economía...). La complejidad no surge solamente de la heterogeneidad ni de la complicación de los elementos constitutivos del sistema, sino también de la inseparabilidad de éstos, de tal modo que ninguno es entendible si se le considera en forma separada y aislada de los otros. Es importante señalar que, en esta acepción, complejo no puede confundirse con complicado.

Estas definiciones tienen alcances que no son obvios y que requieren aclaración. Comencemos por algunas observaciones preliminares. El conjunto de hechos, fenómenos, situaciones, circunstancias, etc., que constituyen el sector dado de la realidad que denominamos sistema, no tiene lími-



Pierre Drillaud

tes precisos, ni en sus elementos ni en la naturaleza y número de relaciones que los interconectan. Toda investigación de un sistema complejo se plantea, por consiguiente, como un *recorte* de la realidad. El investigador, al fijar su objeto de estudio, selecciona los elementos que va a considerar, guiado por los problemas (preguntas) que se propone explicar (o responder). Esto significa que el sistema no está *dado*, sino que debe ser construido. La investigación empieza por una selección (*recorte*), consciente o no, de elementos y relaciones (*hechos*) que el investigador identifica, armado de un bagaje de conocimientos antecedentes y de esquemas interpretativos que el trabajo empírico debe corroborar o refutar. En último caso, los esquemas de relaciones que se habían postulado como más significativos deben ser rectificadas o abandonados. La *construcción del sistema* se convierte entonces en un *proceso* que concluye cuando culmina la investigación.



## Elementos, subsistemas, estructura

Los sistemas, como los organismos vivos, tienen distintos niveles de organización. El organismo vivo, como *individuo*, constituye un sistema con un funcionamiento característico que depende de su organización interna. Pero ésta, a su vez, se jerarquiza en suborganizaciones (o subsistemas) de diferentes niveles. A cada nivel de organización corresponde un nivel de análisis, de modo que se puede considerar un subsistema con sus elementos, pero si se toma como *subsistema*, hay que verlo como un elemento del sistema.

En el sistema agrario que hemos estado considerando, podemos distinguir como *elementos* (subsistemas) el medio físico, los procesos productivos, la organización social y económica. Pero cada subsistema funciona como una entidad organizada: el medio físico, por ejemplo, tiene, a su vez, como elementos el suelo (con su composición química y sus propiedades físicas), el agua (organizada en sistemas hidrológicos), la atmósfera (determinante del clima). La diferencia entre este caso y el ejemplo del organismo reside en que el sistema agrario es complejo en el sentido arriba definido, es decir, sus *elementos* o *subsistemas* pertenecen al dominio de disciplinas muy diversas, con marcos teóricos y metodologías disímiles.

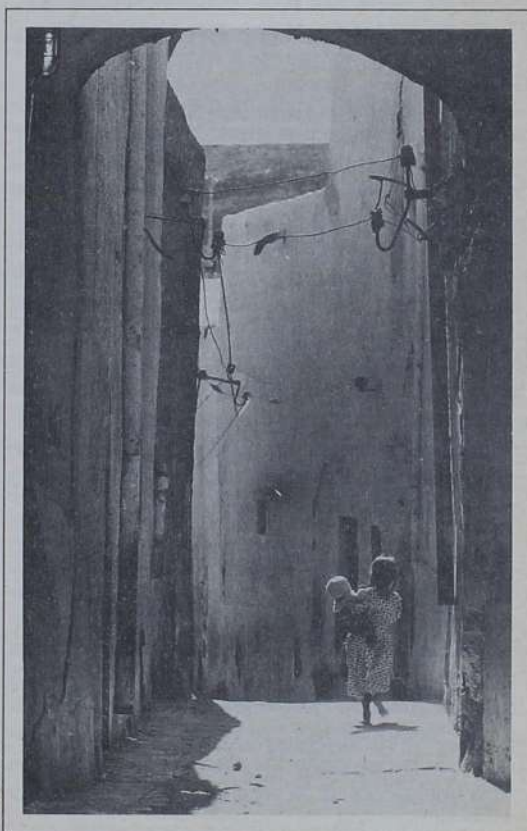
Cuando hablamos de la *estructura* del sistema, nos referimos al conjunto de interrelaciones entre sus elementos. Cada uno de éstos es también un sistema con su propia estructura, la cual se estudia en su evolución histórica. Los cambios estructurales son importantes para explicar el funcionamiento del sistema y comprender ciertas características como su capacidad de resistir perturbaciones, así como detectar las zonas de inestabilidad<sup>3,7</sup>.

### Sistema abierto

Hemos señalado que un sistema como el que estamos considerando no está dado, sino que es un *recorte* de una realidad, que se nos presenta como un continuo de componentes heterogéneos con to-

do tipo de interacciones. De allí *abstraemos* ciertos elementos y ciertas relaciones, ponemos una frontera o contorno arbitrario, para construir el sistema que vamos a estudiar. En el transcurso de la investigación, el primer esquema sistémico se modifica reiteradas veces, a medida que el contacto con el nivel empírico aporta datos que lo comprueban o descartan.

*Poner límites* al sistema, exigencia ineludible, no significa *aislarlo*. Por el contrario, la frontera más o menos arbitraria que se establece es lugar de intercambios activos que se representan como *flujos* de entrada y salida: insumos para la producción, salida de productos, cambios climáticos, migraciones, políticas impuestas al sistema, etc. Se trata por consiguiente de un sistema *abierto*, en interacción con factores externos, cuya descripción no basta para caracterizar las condiciones de contorno; hace falta establecer las relaciones pertinen-



Pierre Drillaud



tes entre el sistema y los factores referidos, vistos además en su evolución<sup>7</sup>.

## Enfoque sistémico e interdisciplina

El desarrollo anterior muestra que el enfoque sistémico, no reducible a una suma de estudios disciplinarios diferentes, desemboca inevitablemente en el diseño de investigación interdisciplinaria. Cabe aclarar que, aun cuando un buen diseño de investigación disciplinaria toma en cuenta las interrelaciones del dominio que estudia con los otros dominios involucrados, no se logra de esta manera la integración de la realidad estudiada como una totalidad estructurada. En ese sentido, la riqueza del trabajo interdisciplinario se aprecia a través de sus resultados, por su capacidad de generar explicaciones diferentes de las producidas por la investigación disciplinaria al integrar la realidad como una totalidad compleja.

La experiencia analizada aquí corresponde a algunos estudios llevados a cabo dentro de los programas *Food Systems and Society of the United Nations Research Institute for Social Development* (UNRISD), y *Analyzing Biospheric Changes* (ABC) de la International Federation of Institutes for Advanced Studies (IFIAS). Los antecedentes metodológicos de las experiencias aludidas se encuentran en los volúmenes de la serie *Drought and Man*<sup>8</sup>, y en una publicación del UNRISD<sup>9</sup>.

En los trabajos mencionados se sustituyó el esquema lineal producción- conservación-distribución-consumo de alimentos por los mecanismos del acceso a los alimentos. La *accesibilidad* diferencial de los alimentos para grupos sociales bien específicos fue el centro de interés de los proyectos derivados de este planteamiento. La investigación abarcó los mecanismos socio-económicos de la vida social, las interacciones con el medio ecológico-ambiental y los procesos productivos mismos. Las variaciones evolutivas de dichos mecanismos y relaciones son elementos adicionales esclarecedores del funcionamiento de los subsistemas y del sistema.

Aquí se sitúa la temática de esta parte del presente trabajo. En los programas referidos<sup>9</sup> se planteó el reto de conocer cómo "...los cambios estructurales de (un) sistema productivo influyen sobre el nivel de vida". Tomando los niveles de nutrición como variable representativa de las condiciones de vida del campesino, surgió la propuesta de intentar "la reconstrucción de la historia del estado nutricional de los grupos sociales" enfocados. La hipótesis de base que se postuló para desarrollar el método fue que las "variaciones del estado nutricional podrían funcionar como el indicador principal de los cambios en el acceso a los alimentos."

## Enfoque sistémico y disciplina

La hipótesis mencionada surgió como la respuesta disciplinaria a las preguntas de un equipo interdisciplinario. Partiendo de marcos conceptuales propios, pero con una visión sistémica, se estudiaron nuevos determinantes y condiciones de la concepción biológica del crecimiento y desarrollo humano.

El problema que entonces se presentó fue la reconstrucción evolutiva del estado nutricional de grupos sociales determinados. Aquí se plantearon tres tipos de cuestiones. En primer lugar, *el acceso a los alimentos* no es un parámetro directamente observable y medible. Para que se constituya en un indicador retrospectivo de las condiciones de vida de un grupo social establecido es necesario

vincularlo a un parámetro empíricamente cuantificable. Esto genera una dificultad. Es posible determinar en un momento dado ciertas variables directamente observables, tales como la dieta habitual, la disponibilidad de alimentos en los mercados, sus costos, los ingresos salariales de los grupos sociales estudiados, etc. Pero para un análisis retrospectivo, estos datos se pierden, se desagregan por la imposibilidad de conocer sus valores en épocas pasadas, con lo cual resulta materialmente imposible reconstruir su evolución: no se puede retrazar con facilidad, en cualquier circunstancia, las dietas habituales de grupos sociales específicos ni la disponibilidad pasada de los alimentos en los mercados, y tampoco las variaciones de sus costos con el tiempo. Por otra parte, en las zonas rurales, la determinación evolutiva de los ingresos económicos y gastos para alimentos es otro parámetro inalcanzable. Era necesario, por consiguiente, buscar otro indicador. El auxilio vino de la biología: el conocimiento de las características del desarrollo óseo de todo ser humano proveyó la base conceptual necesaria.

En segundo lugar, quedó claro que mediciones realizadas a partir de un muestreo estadístico al azar, en las poblaciones campesinas de una región dada, no serían significativas. Debían considerarse grupos bien caracterizados socialmente y homogéneos. Desde esa perspectiva, dentro del equipo de investigación interdisciplinaria, se pidió a los científicos sociales la previa e indispensable categorización de los sujetos sociales investigados.

En tercer lugar, surgía el problema de cómo pasar del conocimiento general de las características del desarrollo óseo de cualquier individuo, a la reconstrucción de la historia individual de sujetos determinados. El método que a continuación exponemos fue concebido para este propósito.

## El método

La solución se buscó a través de nuevas correlaciones entre un hecho biológico actual (tamaño del esqueleto en el momento del estudio, de cada individuo de un grupo social determinado) y los datos sociales evolutivos relativos a este mismo grupo. A

reserva de precisar más adelante algunas características del método, se alcanzó así un *hecho sociobiológico* que sí podía ser reconstruido en su evolución histórica para el mismo sector poblacional. Sin entrar en la argumentación del nuevo planteamiento, es necesario, sin embargo, establecer las bases teóricas mínimas que deben ser tomadas en cuenta para entender sus alcances.

El crecimiento del esqueleto humano está programado genéticamente para realizarse en los primeros 18 a 20 años de vida. Su velocidad es variable a lo largo de este período, con dos fases pico: la primera, del tercer trimestre de la vida intrauterina hasta los 5 años de edad, y la segunda durante la pubertad. Sin embargo, los logros finales son condicionados inexorablemente por las características de la vida individual, en particular por la alimentación y el estado nutricional resultante; en otras palabras, por el acceso a los alimentos. De allí que los individuos que vivan los períodos de crecimiento óseo activo en condiciones sociales favorables tendrán oportunidad de alcanzar la expresión óptima de su potencial genético en estatura. En el caso de carencias alimentarias severas, tal potencial será modificado en su expresión de modo desfavorable.

A partir de lo anterior, se puede proponer que la "historia de cómo crece en estatura" un individuo o un grupo social, si se puede reconstruir (tamaño del esqueleto a lo largo del tiempo de crecimiento óseo activo para el individuo - variaciones de las tasas anuales de individuos con talla baja en una población) sea tomada como un "indicador parcial de su historia social". Dicho de otra manera, suponiendo que se pueda saber cómo una población creció en estatura (*indicador del estado nutricional*) al reconstruir cronológicamente el crecimiento óseo activo de sus integrantes, esta historia debería ser en principio correlacionable con su historia socioeconómica. Queda claro que no se puede conocer directamente la evolución retrospectiva del crecimiento óseo (talla) de los miembros de una población cualquiera.

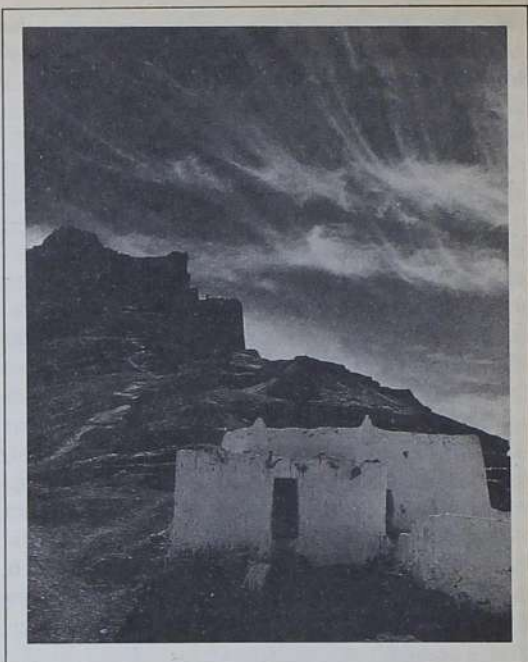
¿Cómo se llega entonces a tal reconstrucción?<sup>4,10</sup> Es interesante recalcar que la "reconstrucción evolutiva del estado nutricional de una población" pasa por las historias individuales para

las cuales no existe material empírico que permita una verificación.

La primera hipótesis plantea que cada sujeto del grupo social en estudio, y cuya estatura se puede medir una sola vez, en el momento de la investigación tuvo un patrón de crecimiento óseo paralelo o proporcional al de un sujeto promedio del mismo sexo y edad, situado así en una *percentila que llamaremos de referencia*. A partir de lo anterior, resulta sencilla la construcción de la curva de su crecimiento esquelético. Efectivamente, al establecer una razón entre la talla real medida del sujeto en estudio y el valor de la talla correspondiente (por edad y sexo) de la *percentila de referencia* (en general la percentila promedio, es decir, la 50) de una tabla de tallas cualquiera, se obtiene un cociente; este es una constante, que si se multiplica por el valor de las tallas percentilares de referencia dadas para cada año de edad, permite asignar *valores* a la talla del individuo en su vida pasada, durante el período de crecimiento óseo activo. Esta curva no pasa de ser una propuesta inverificable, ya que no se dispone habitualmente de registros de estatura en dichas edades ni de otros elementos correlacionables. Su validación sólo puede ser indirecta, como veremos más adelante.

La curva de crecimiento óseo se toma luego como la base para el diagnóstico de la historia del estado nutricional individual. Esto último se logra comparando dicha curva de talla individual con los valores equivalentes de talla por edad y sexo en la *percentila normal más baja o crítica* (percentila 3 o 5) de la tabla escogida. Tal comparación permite determinar para cada año de edad la situación del individuo en estudio, dentro de los rangos de los valores de talla considerados normales, o por debajo de ellos. La colocación por debajo de la percentila crítica, límite inferior del rango de la normalidad, permite definir al sujeto en estudio como un *desnutrido* por talla, en las fases de crecimiento óseo activo, cuando esto ocurriera, sin importar su buen estado nutricional en el momento de la medición directa de su estatura.

Los valores de talla individual son ponderados mediante un cálculo sencillo<sup>4</sup> que no se detalla aquí, tomando en cuenta su sexo y su edad y la



curva de talla en la percentila de referencia de la tabla escogida.

Para reconstruir la *historia nutricional retrospectiva* de una población determinada se establecen *cohortes históricas* que se componen, para cada año del período estudiado, con los individuos que tuvieron de 2 a 17 años de edad en el año especificado. Luego, un simple cálculo de la tasa porcentual de *desnutridos* de cada cohorte (de cada año del período abordado) en términos de talla ponderada alcanzada, proporciona los datos que, dispuestos en el eje de coordenadas, permitirán trazar la curva probable de las variaciones del estado nutricional de cada uno de los grupos definidos por la categorización social arriba referida.

Los resultados arrojados con este método, en numerosas aplicaciones<sup>3,4</sup>, han mostrado una sorprendente correlación con los hechos socioeconómicos, políticos, ecológico-ambientales hallados en relación a una misma población. En particular, los puntos críticos de las curvas de variaciones del estado nutricional de poblaciones campesinas se corresponden notablemente con los puntos críticos de la evolución de las curvas representativas del

sistema productivo en la región correspondiente. Estas comprobaciones cumplieron un doble propósito: por una parte, la coherencia de los resultados obtenidos sirvieron para validar el método; por otra parte, las correlaciones observadas constituyeron una corroboración de la hipótesis inicial. En nuestros primeros estudios, la evolución reconstruida del estado nutricional (indicador del acceso a los alimentos) se comprobaba *a posteriori*, ya terminados los estudios socioambientales, comparando los resultados del método con los de los estudios socio-productivos. Actualmente, hemos aprendido la ventaja de proceder de manera inversa, guiando el estudio socio-ambiental integral a partir de los resultados del estudio nutricional. Para alcanzar este propósito, sólo se debe garantizar una categorización inicial pertinente de los sujetos sociales.

Aquí se pone de manifiesto, de manera clara, un rasgo importante de la investigación interdisciplinaria. En efecto, se trata de un método disciplinario que no puede ser aplicado sin el recurso de una información previa proveniente de otros dominios disciplinarios. En las investigaciones que ya hemos referido y otras que les sucedieron, son numerosos los ejemplos en donde diversos especialistas se vieron guiados en sus planteamientos y búsquedas empíricas por los resultados logrados en otros dominios, a partir de una problemática compartida en el enfoque sistémico de una investigación determinada.

En relación al método que hemos analizado aquí de modo sucinto es preciso insistir, como ya hemos expresado, en que ningún procedimiento estadístico habitual puede generar resultados similares.

Finalmente, es indispensable señalar una precisión adicional, que está también ligada estrechamente al enfoque sistémico: los resultados que constituyen la curva nutricional (sucesión de tasas porcentuales anuales de desnutridos) no se consideran como un valor absoluto del estado nutricional de la población. Son las variaciones, elevaciones o reducciones de las tasas, las que deben ser tomadas en cuenta. Sus cambios marcan con gran precisión los cambios en las condiciones de

vida de las poblaciones estudiadas. Efectivamente, en las poblaciones campesinas estudiadas las crisis descubiertas en la historia alimentaria coinciden con las crisis del sistema productivo. Este hallazgo representa un objetivo principal del método reseñado.

Nuevamente, vale recalcar cómo un método disciplinario abre cauces explicativos nuevos y reforzados en otros campos disciplinarios. Lo anterior constituye una faceta importante del trabajo indisciplinario, pero no agota el significado y la gran riqueza de la investigación sistémica.

## Notas

1. T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Univ. of Chicago Press., 2a. ed., 1970)
2. El concepto de totalidad implica que el funcionamiento del conjunto no es equivalente a la simple suma de sus partes.
3. R. García et al., *Modernización en el agro: ¿Ventajas comparativas para quién? El caso de la comarca lagunera*, El caso de los cultivos comerciales en el Bajío, (Cinvestav-IFIAS, México, 1988).
4. F. Tudela, coord., *La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco. Proyecto Integrado del Golfo*. (Cinvestav-UNEISD-IFIAS-Colegio de México, México, 1989); G. Duval, R. García, *Society, Physical Environment and Productions Strategies in the State of Oaxaca, Mexico: Case Study of the Etna Valley* (Cinvestav, 1990); G. Duval, J. Morello et al., *Políticas alternativas para el desarrollo sostenido de la comarca lagunera*. Primer y segundo informe (Cinvestav, 1991).
5. Los conceptos fundamentales acerca de los sistemas complejos son tomados del marco conceptual y metodológico propuesto por el Dr. Rolando García. Véanse Refs. 6-9.
6. R. García, *Avance y Perspectiva* Núm. 40 (1989) 54.
7. R. García, *Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental del Desarrollo*, E. Leff, Coord. (Siglo XXI, México, 1986).
8. R. García, *Drought and Man. The 1972 Case History*, Vol 1. *Nature Pleads not Guilty*, Vol. 2. R. García, J.C. Escudero, *The Constant Catastrophe: Malnutrition, Famine and Drought*, Vol. 3. R. García, P. Spitz, *The Roots of Catastrophe* (Pergamon Press, 1981, 1982, 1986).
9. R. García, "Food Systems and Society": *A Conceptual and Methodological Challenge*. (UNRISD, Ginebra, 1984).
10. G. Duval, *A Methodological Approach for the Retrospective Diagnosis of Nutritional Status: the Mexican Case* (UNRISD, Ginebra, 1986).

El Índice de Revistas de Educación Superior e Investigación Educativa (IRESIE) es un sistema de información que tiene como objetivo localizar, seleccionar, analizar, sistematizar y procesar en forma automatizada información sobre educación e investigación educativa que se publica en revistas mexicanas y extranjeras.

Su principal producto es el banco de datos que, desde su constitución en 1979 a la fecha, almacena un total de 39 000 registros, de los cuales el 64% está en idioma inglés, el 33% en español y el 3% en francés y portugués.

Esta información ha sido seleccionada de 580 títulos de revistas localizadas en las bibliotecas de las principales instituciones educativas de la ciudad de México.

Cada registro contiene los siguientes datos:

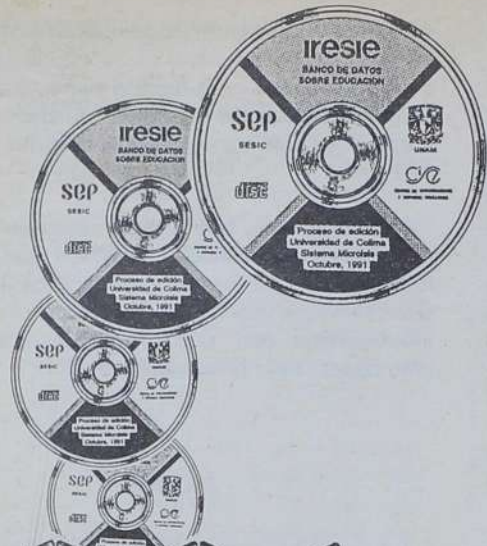
- Número de acceso
- Título del artículo
- Autor
- Título de la revista
- Volumen
- Número
- Año
- Páginas
- Biblioteca
- Descriptores o temas
- Resumen

Costos de servicios

	México	Extranjero
Disc. Comp.	\$500 000 M.N.	200 U.S. Dls.
Bús. Bibl.	\$20 000 (hasta 100 referencias)	
Rec. de artículos	\$5 000	3 u.s. Dls.

**Pedidos e información**

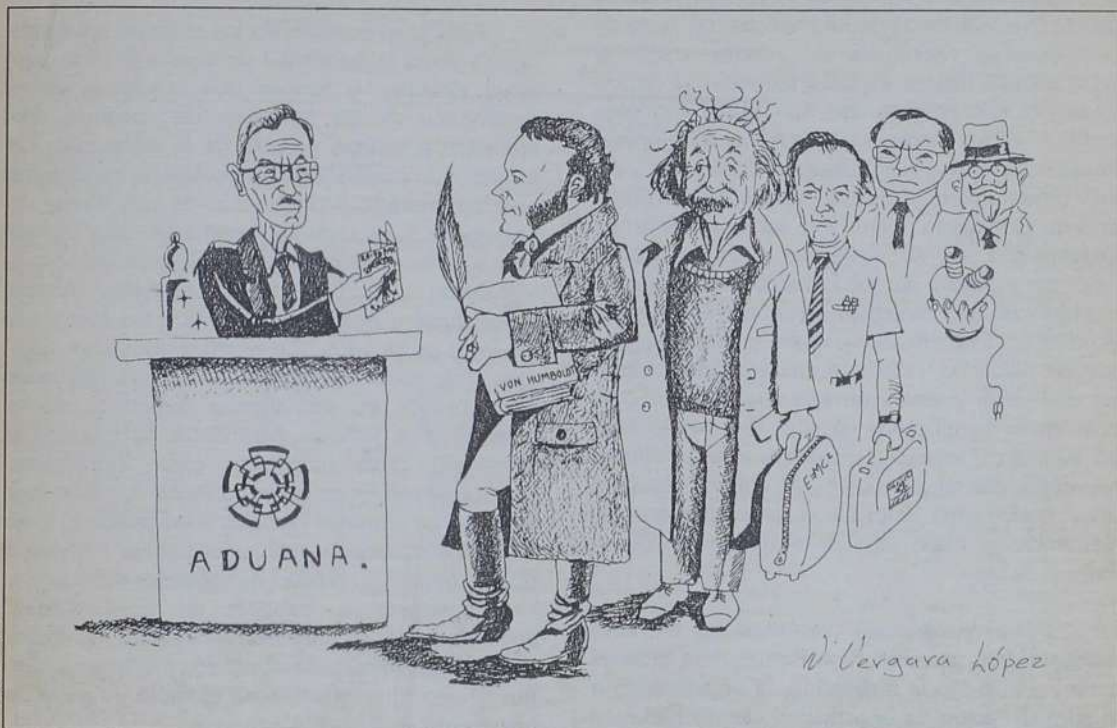
Centro de Investigaciones y Servicios Educativos  
 Edif. Técnico CISE-SUA, Circuito Exterior,  
 Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.  
 Tel: 622-87-09 y Fax. 550-18-01



**BANCO  
 DE DATOS  
 SOBRE  
 EDUCACION  
 IRESIE**

**1991-1992**

# Investigadores extranjeros en el CINVESTAV



## Arturo González Pérez

Los campesinos de un país pueden estar muy compenetrados de las tradiciones ancestrales para el manejo de sus tierras, sus médicos podrán tener un gran amor por los pacientes, sus soldados ser muy patriotas y valerosos, pero hoy se compete y se sobrevive fundamentalmente con base en nuevas tecnologías, como lo es la manipulación genética de cromosomas para mejorar diversas especies vegetales y diseño de fármacos. Ya no hay tarea humana que se pueda hacer si se carece de la cultura y tecnología necesarias. Un país no puede ser viable si no posee los conocimientos que

proporcionan la ciencia y las especializaciones modernas. Un país debe entonces recurrir a la mayor cantidad (y calidad) de conocimientos que le sea posible.

Pero el conocimiento se diferencia de la información en que el primero no puede ser almacenado en bibliotecas o en la memoria de las computadoras. Se necesita del hombre que conoce. Sin científicos ni tecnólogos se podría llegar acaso a canjear información, pero no a lograr nuevos conocimientos. Los países recurren entonces a dos fuentes de científicos y tecnólogos: los que generan por sí mismos con su aparato educativo y los que pueden conseguir ya formados en el extranjero.

El M. en C. Arturo González Pérez es jefe de Relaciones Públicas del Cinvestav.

## Intercambio de científicos

La validez universal del conocimiento científico, su comunicabilidad a través de diferentes regiones geográficas, de barreras idiomáticas, de terrenos ideológicos y diferencias de edades, credos y generaciones, llevó a Pascal a pensar en la ciencia como un solo hombre que aprendiera continuamente. A los norteamericanos no les importó mucho que Enrico Fermi fuera judío-italiano y Albert Einstein alemán, ni que Wernher Von Braun hubiera trabajado para los nazis demoliendo Londres con sus V2. Tampoco se inmutaron los rusos por el hecho de que Pontecorvo hubiera adquirido sus conocimientos en la monárquica Inglaterra; norteamericanos y rusos, cuyas ideologías son tan dispersas, están, sin embargo, de acuerdo en una cosa: cuando un extranjero posee conocimientos científicos o técnicos, ese señor debe ser recibido o invitado, o tentado a venir si fuera necesario, con tal de que enseñe e investigue para uno. Bacon dijo *knowledge is power* y norteamericanos, rusos, japoneses y chinos obedecen a dicho dictado.

El gran público sólo reconoce los hombres ilustres: Fermi, Einstein, Von Braun. Pero quienes tienen a su cargo la realización, la organización o la administración de la actividad científico-técnica saben muy bien que la industria de los plásticos, la tecnología nuclear, la electrónica, la química geológica de un país, pueden llegar a florecer por la inmigración de científicos y técnicos, que acaso dominan sólo una pequeña área de las matemáticas o la biología, o que conocen un procedimiento más bien secundario pero indispensable en el procesamiento de la pulpa para hacer el papel, o dominan acaso un método, más bien humilde pero vital, para extraer bauxita. Es importante no sólo facilitar, sino promover el ingreso de científicos al Cinvestav y a nuestra patria.

### Situación en el Cinvestav

Con gran visión, quienes elaboraron el Artículo 29 del Capítulo Quinto del Decreto de creación de este Centro establecieron que, a través de sus más

altos funcionarios y con la aprobación de su Junta Directiva, podría invitar o contratar a profesores extranjeros que impartiesen enseñanza o desarrollasen programas de investigación.

Ante la exposición de los motivos señalados resulta obvia la necesidad de traer a México personal científico y técnico que coadyuve en el desempeño de las funciones de docencia, exploración y ensayo propias de la institución. La preparación científica de los profesores extranjeros que han visitado y colaborado en esta fuente de trabajo, sin lugar a duda, reclamó de cada uno de ellos y de los gobiernos de sus respectivos países la realización de grandes esfuerzos, fuertes erogaciones y mucha dedicación, para lograr los objetivos propuestos. Lo anterior dio como resultado una adecuada capacitación personal, para transformarse en manantiales de conocimiento para nuestros jóvenes estudiantes de maestría y doctorado, tanto nacionales como extranjeros. Los objetivos propuestos pueden considerarse logrados en términos globales y las personas a las que les corresponda evaluar el trabajo individual de quienes, en su calidad de visitantes extranjeros, han trabajado o trabajan en el Cinvestav, encontrarán las razones necesarias para incrementar el flujo a México de científicos extranjeros que, por su acción personal, sean ejemplo y fuente de inspiración.

Un hecho que hay que considerar, por su gran trascendencia, es que la presencia de investigadores extranjeros en el país ha ahorrado a México grandes recursos monetarios. Puesto que la preparación científica del personal especializado es sumamente onerosa, al brindarnos ellos sus conocimientos, experiencias y los resultados de sus investigaciones, han salvado a nuestro país de hacer cuantiosos pendios.

Por otra parte, con sentido pragmático, el primer director del Cinvestav, en su discurso inaugural, señaló que la planta de trabajadores de la institución contaba en ese entonces (1961-1963) con la presencia de 8 investigadores procedentes de Checoslovaquia, Estados Unidos de Norteamérica, Inglaterra, Italia, Polonia, Perú, Colombia y España.



País de procedencia	Núm. personas	País de procedencia	Núm. personas
1. Alemania	26	31. Irán	4
2. Albania	1	32. Irlanda	1
3. Apátridas	2	33. Israel	3 *
4. Armenia	4	34. Italia	16
5. Australia	3	35. Japón	18
6. Argentina	73	36. Lituania	1
7. Austria	3	37. Nicaragua	6
8. Bélgica	7	38. Nigeria	7 *
9. Bolivia	1	39. Nueva Zelanda	1
10. Brasil	21	40. Pakistán	7
11. Bulgaria	1	41. Paraguay	1
12. Canadá	7	42. Perú	9
13. Colombia	38	43. Polonia	44
14. Costa Rica	3	44. Rusia	16
15. Cuba	9	45. Salvador, Rep.	6
16. Chile	62 *	46. Sudáfrica	2
17. China	22	47. Suecia	2
18. Checoslovaquia	20	48. Suiza	15
19. Dominicana, Rep.	1	49. Tailandia	21 *
20. España	19	50. Taiwán	2
21. E.U.A.	171	51. Tanzania	1 *
22. Filipinas	6 *	52. Turquía	4
23. Francia	41	53. Ubequistán	1
24. Gran Bretaña	46	54. Ucrania	6
25. Granada	1	55. Uruguay	14
26. Guyana	1	56. Ex-URSS	2
27. Honduras	2	57. Venezuela	2
28. Hungría	2	58. Vietnam del sur	1
29. India	21	59. Yugoslavia	4
30. Indonesia	6*		
			<b>TOTAL 837</b>

\*Asistentes al X Seminario sobre Amibiasis, organizado por el Departamento de Patología Experimental en 1986.

Fuente: Relaciones Públicas, Cinvestav. Sólo se consideraron los investigadores extranjeros que requirieron gestiones oficiales para su estancia legal en México.

**Tabla 1.** Relación de investigadores extranjeros que han realizado estancias de trabajo o visitado el Cinvestav entre 1961 y 1992

El ejemplo anterior se ha multiplicado, ya que en los treinta y dos años que tiene de operación este Centro sus autoridades han invitado a 837 personas de 59 diferentes nacionalidades (Tabla 1), lo que da universalidad a sus corrientes científicas y, además, ha hecho que sus actividades laborales de investigación y docencia tengan un sentido y utilidad, de gran trascendencia técnica, social y económica para México.



# FENOMENOLOGIA DE LAS INTERACCIONES FUNDAMENTALES

Mar del Plata, Argentina, 5 al 16 de julio de 1993

## CURSOS

- J. BARTELES (Hamburgo): DIS x pequeña
- J. BERNABEU (Valencia): Física de neutrinos
- G. GOGGI (Pavia-CERN): Física en LHC y en SSC
- R. PECCEI (UCLA): Teoría de las interacciones fundamentales
- A. PICH (CERN-Valencia): Violaciones de CP

## TALLERES

- F. HALZEN (Wisconsin): Experimentos sin aceleradores
- C. HOJVAT (Fermilab): Experimentos con aceleradores
- IV Taller Latinoamericano de Fenomenología

## COMITE ORGANIZADOR

- G. DUSSEL (Univ. de Buenos Aires)
- L. N. EPELE, C. GARCIA CANAL (Univ. Nacional de la Plata)
- J. J. GIAMBIAGI (CLAF-CBPF)

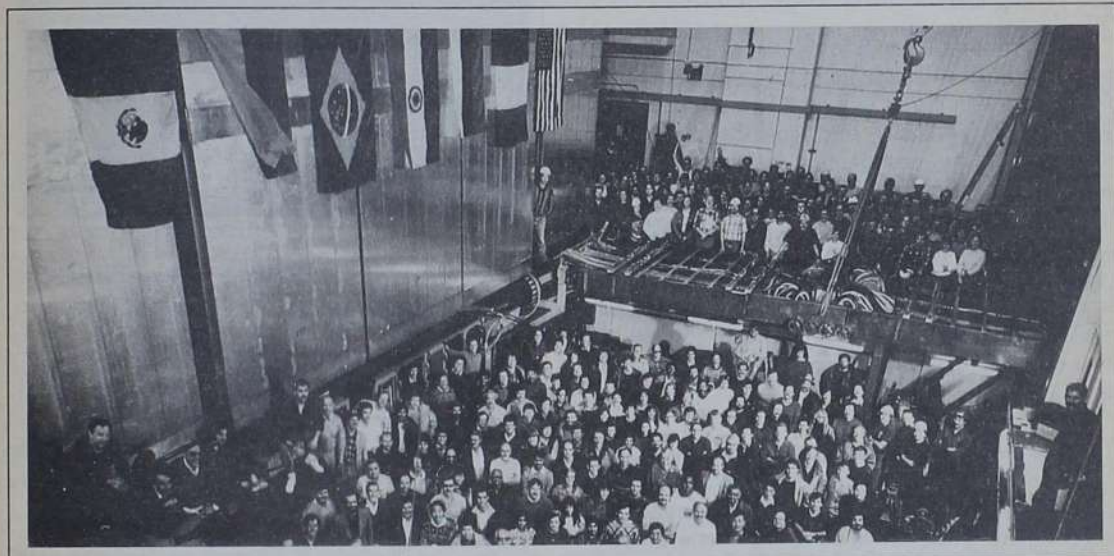
## INFORMES

LABORATORIO DE FISICA TEORICA  
Departamento de Física  
Universidad Nacional de la Plata  
C.C. No. 67 1900 La Plata Argentina  
Tel: 54 21 39061/246062 Fax: 54 21 252006  
E-mail: (Internet) elaf93@fisilp.edu.ar

## Física experimental de altas energías

# Presentación

Un nuevo campo de investigación se abre a los físicos mexicanos —la física experimental de altas energías— a través de colaboraciones internacionales en los grandes aceleradores de partículas como el Fermilab, el CERN y el SSC.



Integrantes del grupo experimental DO del Fermilab. En primer plano destaca la bandera mexicana

## Gerardo Herrera Corral

### Subestructura

Durante las dos últimas décadas, nuestra comprensión de los fundamentos de la física ha llegado muy lejos. Ahora podemos explicar mucho acerca de las partículas más pequeñas del mundo en que vivimos y del mundo macroscópico que nos rodea. Lo más asombroso es quizá que los desarrollos lo-

grados en las dos escalas diferentes —lo muy pequeño y lo infinitamente grande— aparecen inexorablemente ligados.

Existe suficiente evidencia experimental para afirmar que los protones y neutrones de los que están hechos los núcleos atómicos están formados a su vez por quarks. Aun cuando no los hemos podido observar en forma directa, estos quarks parecen estar confinados en partículas que sí pueden ser observadas en el laboratorio. Dos de las fuerzas que gobiernan el comportamiento de los quarks —el electromagnetismo y las interacciones débiles o radiactividad— han sido entendidas como una sola. Las llamadas teorías de gran unificación ofrecen la

El Dr. Gerardo Herrera Corral, profesor titular del Departamento de Física del Cinvestav, es ingeniero físico egresado del ITESM y doctor en ciencias (Física) de la Universidad de Dortmund, Alemania. Su campo de investigación es la física experimental de altas energías.

esperanza de unificar, además, la interacción nuclear fuerte.

El que ahora entendamos todo esto es el resultado de la investigación realizada con potentes aceleradores de partículas y sofisticados detectores. La noción de que detrás de la diversidad del universo que observamos descansa una sencillez fundamental, ha sido confirmada sólo después de muchos años de experimentación.

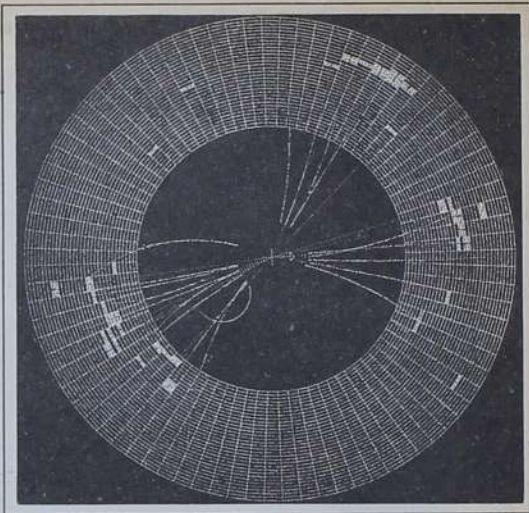
Históricamente, la lista de partículas y fuerzas que se consideran elementales ha cambiado a medida que al escudriñar la materia y sus interacciones se han revelado microcosmos dentro de microcosmos: átomos dentro de moléculas, núcleos dentro de átomos y más profundos niveles de estructura dentro del núcleo. Sin embargo, en las décadas pasadas los resultados experimentales y la convergencia de las propuestas teóricas ha dado coherencia a la física de partículas y ha despertado la esperanza de que la comprensión de las leyes de la naturaleza está cerca de nuestro alcance.

Los grandes aceleradores han hecho posible colisiones de partículas con gran violencia, revelando dominios subatómicos en gran detalle. El límite experimental actual es de  $10^{-16}$  cm, aproximadamente una milésima del radio del protón.

## Los grandes laboratorios

El esfuerzo por entender la estructura de la materia se lleva a cabo a través de una técnica experimental simple: una partícula de materia se acelera a gran velocidad y se lleva a colisionar contra otra. Al examinar los restos que resultan de la colisión, se obtiene mucha información acerca de la naturaleza de las partículas y de las fuerzas que actúan sobre ellas. Para llevar a cabo este programa de experimentos es necesario tener una fuente de partículas con grandes energías. Una fuente práctica de tales partículas son los aceleradores.

Uno de los primeros aceleradores de partículas fue construido por O. Lawrence en 1928; estaba hecho de vidrio y tenía sólo algunos centíme-



tros de diámetro. La mayoría de los aceleradores hoy en día son descendientes de este primer dispositivo, sólo que han crecido enormemente en tamaño y complejidad. El más grande de los que existen hoy se extiende sobre una superficie de varios kilómetros cuadrados. Los aceleradores no son ya dispositivos construidos en laboratorios, más bien los laboratorios se construyen alrededor de los aceleradores.

La unidad estándar para medir la energía de las partículas es el electrovoltio (abreviado como eV). Un eV es la energía adquirida por un electrón cuando es acelerado por medio de una diferencia de potencial de un voltio. La misma unidad sirve para medir la energía de protones o de cualquier otra partícula.

Uno de los laboratorios de física experimental de altas energías más grandes del mundo es el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN). Este laboratorio es un consorcio de naciones europeas y constituye un ejemplo de cooperación internacional. Se encuentra entre Francia y Suiza, algunos kilómetros al norte de Ginebra. Guillermo Contreras y Leonel Magaña nos ofrecen en el presente número de *Avance y Perspectiva* una visión poco usual del CERN: un centro de entrenamiento y motivación de futuros investigadores. En los Estados Unidos, un proyecto comparable en escala fue emprendido en 1967,

cuando se comenzó a construir en las cercanías de Chicago lo que hoy es conocido como Fermi National Accelerator Laboratory o Fermilab. El Fermilab empezó a operar en 1972 con un sincrotrón de 400 GeV, que es la abreviatura de gigaelectrovoltio y equivale a mil millones de electrovoltios.

Hoy en día los protones acelerados en el Fermilab alcanzan su máxima energía luego de varias etapas de aceleración. Después de producir antiprotones, los protones son llevados a una energía de  $10^{12}$  eV (es decir, un millón de millones de electrovoltios, 1 TeV). Los antiprotones, a su vez, son acelerados hasta alcanzar la misma energía y luego llevados a colisionar con los protones. Para dar una idea de lo que es una energía de esta magnitud, diremos que 1 TeV equivale a 1.6 ergios, que es la energía cinética que tiene un mosquito cuando vuela, sólo que concentrada en una superficie un billón de billones más pequeña. En su artículo "Los nuevos cazadores de partículas", contenido en este número de *Avance y Perspectiva*, Carlos Chimal nos ofrece, en el marco de una interesante reseña, sus entrevistas con tres personalidades importantes en el desarrollo científico de este laboratorio.

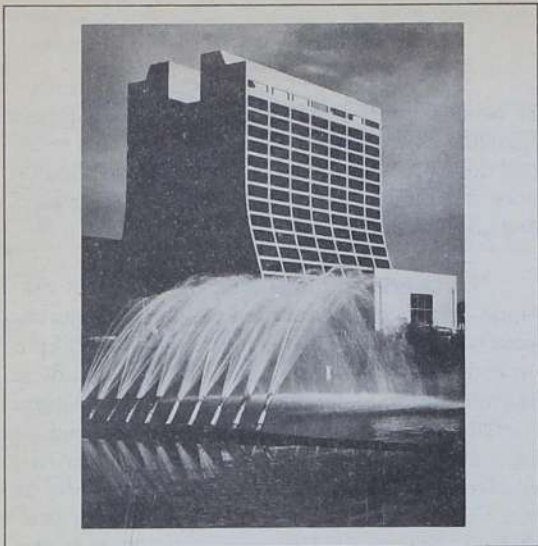
Además de los dos grandes laboratorios de física experimental de altas energías mencionados, existen en el mundo otros centros de investigación similares, aunque más pequeños que los anteriores, en Alemania, Canadá, Francia, Japón y Rusia. Un acelerador con una potencia 20 veces mayor que la existente hoy en día está siendo construido en las cercanías de Dallas, Texas. Se espera que para finales de siglo estará terminado y, al igual que en los laboratorios existentes, grupos de física de todo el mundo podrán utilizar esta herramienta para realizar sus experimentos. En el *Superconducting Super Collider* (SSC) se acelerarán protones a una energía de 20 TeV para hacerlos colisionar contra otros volando en dirección contraria y con la misma energía. Se producirán choques con tal violencia que la energía liberada para la creación de materia nueva será comparable a la energía existente algunos segundos después de la creación del universo. "Ahí, por un tiempo tan breve como es un segundo a 100,000 veces la edad de lo existente, vislumbraremos el universo al momento de la creación"<sup>1</sup>.

## El impacto social

El beneficio social más importante del quehacer científico es sin duda alguna el cultural. La sociedad debe preocuparse tanto por la ciencia como lo hace por otras actividades de creatividad intelectual tales como el arte.

"La ciencia, como el arte, manifiesta su profunda influencia cultural cuando sus principios básicos o su manera de ver el mundo son aplicados a un contexto social más amplio. El concepto de la Tierra como una elaborada nave espacial expresa humildad sobre nuestro planeta; apreciar nuestro lugar en él y preocuparnos por proteger el medio ambiente no podrían haber sido posibles antes de que Copérnico desplazara a la Tierra de su posición en el centro del Universo hace más de cuatro siglos<sup>2</sup>. Para que el impacto cultural de la ciencia se llegue a manifestar se requiere de un largo proceso de maduración en el que la generación de una tradición científica debe estar implícita.

Los beneficios más directos en los que el objeto de la investigación científica llega a tener uso práctico pueden requerir de hasta 30 años para realizarse. Tal es el caso de la resonancia magnética nuclear, que fue descubierta en 1940 y su comercialización como dispositivo para diagnóstico médico empezó en 1970. Sin embargo, el beneficio social de la ciencia más rápido es normalmente indirecto, innovador y muchas veces espectacular. La influencia de la física experimental de altas energías en el progreso tecnológico se ha sentido desde los primeros días de su nacimiento. El estudio del núcleo atómico y el conocimiento de la transformación de materia en energía mediante los procesos de fusión y fisión nuclear han tenido profundas consecuencias. No sólo el desafortunado invento de las armas nucleares ha sido el resultado de estas investigaciones, también el descubrimiento de reactores para generar energía eléctrica y el intento por resolver el problema de los energéticos a través del uso del calor generado en los procesos de fusión han modificado enormemente nuestra vida. El estudio de la radiactividad ha hecho posible el uso de isótopos en la medicina, la agricultura y la industria.



La necesidad que los físicos de partículas tienen para manejar y acelerar haces de partículas ha llevado estas técnicas a niveles de perfección extraordinarios. Baste decir que menos del 1% de los aceleradores existentes en el mundo hoy en día son usados en la física de partículas, donde fueron creados, desarrollados y perfeccionados. El resto se emplean en aplicaciones de medicina y en la industria.

Más de treinta centros alrededor del mundo operan hoy anillos que almacenan haces de electrones y positrones como fuentes de radiación sincrotrón. En Brasil se construye uno de ellos. La radiación proveniente de estos aceleradores es usada en investigaciones en química, biología, medicina y muchas otras áreas. La radiación de sincrotrón posee un enorme potencial en exploraciones para el estudio de enfermedades del corazón y empieza a ser usado comercialmente en la producción de nuevos *chips* semiconductores con 100 a 1000 veces más elementos de circuito por superficie de lo que es posible hoy en día; esto promete computadoras más rápidas, más potentes y más baratas.

En el campo de las técnicas de detección de partículas desarrolladas en física experimental de altas energías, los físicos han tenido que producir innumerables instrumentos que son útiles en mu-

chas otras áreas de aplicación. El desarrollo de espejos capaces de concentrar radiación Cherenkov de muy poca intensidad es usado ahora como espejo colector para concentrar luz solar, lo que permite aprovechar mejor esta fuente de energía.

Es demasiado temprano para prever el impacto tecnológico que se desprenderá del estudio de los quarks, pero el conocimiento cada vez mayor sobre el comportamiento de la materia aumenta nuestra habilidad para manipularla. Sería poco sabio asumir que el entendimiento de niveles más profundos de la estructura de la materia no será jamás útil a la humanidad.

## Desarrollos en México

La investigación en física experimental de altas energías en nuestro país comenzó a principios de los años 80 cuando Clicerio Avilez<sup>3</sup>, hasta entonces físico teórico del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México, en colaboración con físicos de Universidades de Massachusetts, Columbia, Texas A & M y del Fermilab, presentó una propuesta al Brookhaven National Laboratory (BNL) de los EUA para desarrollar un experimento que tenía como objetivo el estudio de la física de hadrones. La propuesta fue sometida a revisión y al final de ese mismo año se presentó una nueva versión mientras la colaboración escribía una segunda propuesta para el Tevatrón que se encuentra en los laboratorios Fermi (Fermilab) en Chicago, Illinois. En febrero de 1981 la propuesta presentada a BNL fue aprobada como el experimento E766.

Después de un período de mediciones de dos semanas en la primavera de 1985, 300 millones de eventos fueron grabados en cintas magnéticas y procesadas posteriormente. El experimento E766 terminó la toma de datos en el verano de 1987 y el análisis y la extracción de resultados físicos aún está siendo llevada a cabo.

En 1990 el detector utilizado en el E766 fue trasladado de BNL a Fermilab y colocado en el área de neutrinos para registrar reacciones protón-protón. Ese mismo año se tomaron datos con el

propósito de estudiar la producción de dos de los quarks más pesados, conocidos actualmente como *charm* (encanto) y *beauty* (belleza), con un haz de protones a una energía de 800 GeV incidiendo en un blanco fijo. El experimento en Fermilab fue etiquetado como E690 y opera como una colaboración entre el Fermilab y las Universidades de Columbia, Guanajuato, Massachusetts y Texas A & M.

En 1986 Clicerio Avilez decidió fundar el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato (IFUG) con la idea de dedicarse por completo a la física experimental de altas energías. Desde entonces se han desarrollado en el IFUG varios proyectos de instrumentación y técnicas de detección.

El Departamento de Física del Cinvestav, por otra parte, inició en 1983 un programa de formación de físicos en el área experimental de altas energías. Varios estudiantes egresados del programa de maestría realizaron sus estudios de doctorado en los principales laboratorios de altas energías en Europa y los Estados Unidos. Al término de su preparación, algunos de ellos se incorporaron al Departamento de Física del Cinvestav, el cual se encuentra actualmente realizando esfuerzos encaminados a la consolidación de un grupo de investigadores en esta disciplina. Tanto en el Cinvestav como en el IFUG se ofrece ya, dentro de sus programas de posgrado, la posibilidad de especializarse en física experimental de altas energías.

Desde principios de 1992 el grupo en formación del Cinvestav colabora en el experimento E791 de blanco fijo en Fermilab. El experimento E791 es una colaboración de la UC/Santa Cruz, CBPF (Brasil), Cincinnatti, Fermilab, IIT, Mississippi, Ohio State, Princeton, Río de Janeiro (Brasil), Tel Aviv (Israel), Tufts, Wisconsin, Yale y México a través del Cinvestav. El lector encontrará una descripción de este experimento y sus objetivos en el artículo "E791, un experimento para observar la transformación de materia en antimateria", contenido en este mismo número de *Avance y Perspectiva*.

El Cinvestav también participa en el experimento D0 localizado en el Tevatrón del Fermilab. El experimento D0 estudia colisiones protón-anti-

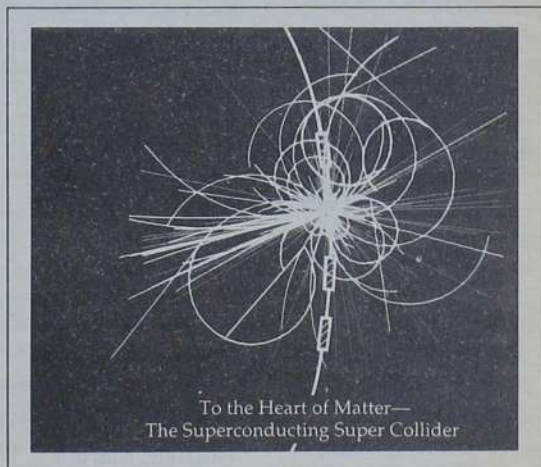
protón a muy altas energías y es, hoy en día, uno de los experimentos más prometedores en el ámbito internacional de las altas energías.

A través del Departamento de Física del Cinvestav y del Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, México está presente en la planeación del detector GEM dentro del proyecto Superconducting Super Collider (SSC) que es uno de los proyectos científicos más grandes en la historia de la humanidad.

El desarrollo de la física experimental de altas energías en México es prometedor. Los dos grupos, Cinvestav e IFUG, han logrado establecer colaboración con dos de los laboratorios más importantes del mundo en este ramo. La meta es tomar parte en el desarrollo científico y tecnológico mundial. Podemos estar seguros de que la oportunidad que se brinde a nuestros jóvenes científicos será retribuida a la sociedad en forma de enriquecimiento cultural y continuados recursos para mejorar la calidad de vida de nuestro pueblo.

## Notas

1. The Superconducting Super Collider, J. David Jackson, Maury Tigner y Stanley Wojcicki, *Sci. Am.* (Marzo, 1986).
2. The value of fundamental science, Leon M. Lederman, *Sci. Am.* (Noviembre 1984).
3. Clicerio Avilez falleció en mayo de 1991.



# VI REUNION ANUAL

## DE LA DIVISION DE PARTICULAS Y CAMPOS

### SOCIEDAD MEXICANA DE FISICA

UNIDAD DE SEMINARIOS IGNACIO CHAVEZ  
CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO, D.F.  
14 y 16 de junio de 1993

#### PLATICAS INVITADAS

■ Search for new particles  
at the Tevatron

Paul Grannis, Fermilab, DO Coll.

■ Determinación de los  
ángulos de mezcla de  
quarks

Gabriel López Castro, Cinvestav

■ Soluciones clásicas en  
supergravedad

Luis O. Pimentel UAM-I.

■ Effective Lagrangians for  
electroweak symmetry  
breaking

Germán Valencia, Fermilab

■ Física en el SSC

Luis Manuel Villaseñor.

Fecha límite para presentar trabajos: 28 de mayo  
Informes:

Rodolfo Martínez, FC-UNAM, Tel: 622 48 52  
Miguel Angel Pérez Angón, CINVESTAV Tel/Fax: 754 64 76



# Los nuevos cazadores de partículas

Entrevistas con tres de los cazadores de partículas en el Fermilab: Leon Lederman, John Peoples y Roy Rubinstein.

**Carlos Chimal**

## Mirar hacia ambos lados

"Para ver", dice un científico chino en la novela *Atlas Occidental*, de Daniele del Giudice, "hace falta mucha voluntad y mucha energía, antes y después, porque lo que se produce para que pueda verse no se ve mientras sucede; se ve primero como intención, se ve después como resultado". Grandes visionarios como Keppler, Newton, Darwin, Einstein, confiaron en lo que vieron y sintieron al mirar. Pero conforme nos hemos ido acercando al cosmos y sumergiéndolo en el reino de lo infinitamente pequeño, no hemos hecho más que extender nuestros sentidos con artefactos ingeniosos y en ocasiones espectaculares. Desde el siglo XVII, los telescopios y los microscopios electrónicos han revelado al hombre detalles insólitos de universos jamás vistos, cuyo esplendor sólo había sido esbozado por la poesía.

En la historia de la física del siglo XX hemos asistido a varias fases del *atomismo*, en una espiral descendente que, según algunos, como el Dr. John Peoples, director del Fermilab, "podría no tener fin". En 1991, Ernest Rutherford nos mostró el núcleo atómico y una nube de electrones rodeándolo; más tarde, se descubrió que dentro de este núcleo existían protones y neutrones. En nuestros días ha sido confirmada la existencia de partículas aún más pequeñas dentro de estos protones y neutrones: los quarks. ¿Hay algo más adentro?

Carlos Chimal es colaborador permanente de *Avance y Perspectiva* y escritor especializado en divulgación de la ciencia. En la actualidad prepara un volumen de ensayos sobre diversas disciplinas del conocimiento científico y sus actores. Este artículo es una versión de uno de ellos.

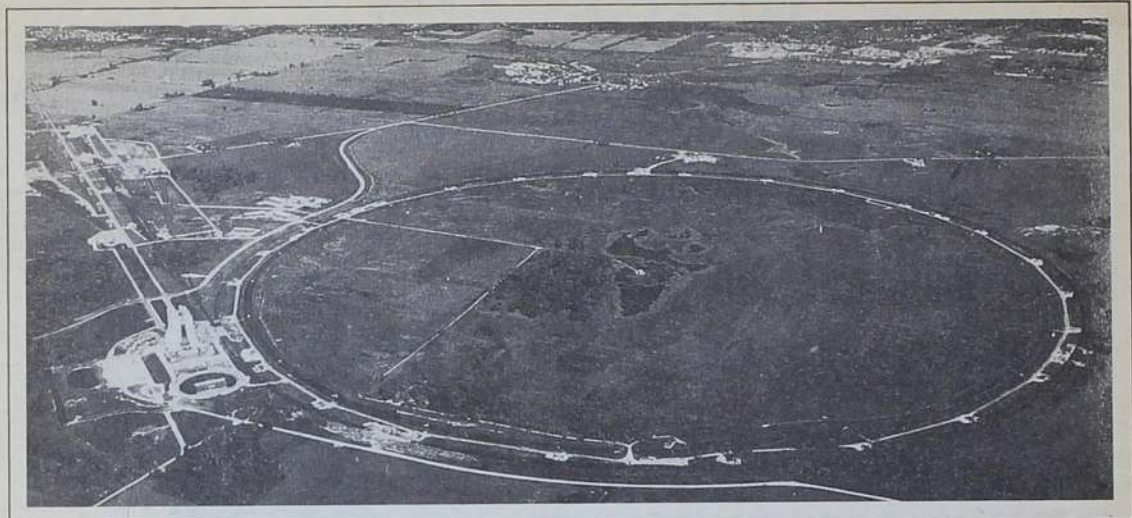


Edificio principal del Fermilab

¿Estos quarks tienen, a su vez, constituyentes? ¿Existe un límite para que dos cosas formen una tercera? Quienes piensan que sí están tratando de demostrarlo con experimentos y una fuerte dosis de rigurosa especulación teórica.

## La explosión de las partículas

La radiactividad atrajo la atención de todo el mundo en el inicio del siglo XX. Se vendían sifones con agua de radón para el reumatismo, artritis y otros achaques, y se veían carteles de fiestas en la playa "a la Röntgen", donde la gente habría de exhibir sus huesos. La radiación de cuerpos radiactivos era fácil de detectar, ya que divide las moléculas de aire en iones positivos y negativos, aire que se vuelve conductor de la electricidad. Así, la radiación



Vista aérea del Fermilab

ción revela su presencia si se activan electrómetros. Pero un desconcertante hecho empezó a ocurrir: aun cuando no hubiera una fuente radiactiva cerca, los electrómetros indicaban la presencia de "otra" radiación que ionizaba el aire y parecía encontrarse por todas partes. ¿De dónde procedía?

Los primeros indicios fueron hallados por el jesuita francés Theodor Wulf, quien había subido a la torre Eiffel y también había detectado allí más radiación de la que esperaba. Wulf propuso entonces que tales rayos tenían un origen extraterrestre y que había que subir en globo a mayores alturas a fin de probar su idea. Pero su espíritu aventurero no llegaba tan lejos, así que se negó a abordar canastilla alguna. Por su parte, el científico austriaco Victor Hess realizó diez ascensos hasta una altura de 5000 m, demostró que la intensidad de la radiación aumenta sobre los 1000 metros y descubrió los rayos cósmicos con la ayuda de instrumentos que exigían la presencia del experimentador, quien no estaba exento de riesgos. Wulf fue olvidado y Hess ganó el premio Nobel.

Poco más tarde, Robert Millikan (Caltech) ideó un electrómetro cuyas lecturas serían registradas en película sin necesidad de que nadie estuviese a bordo. Sin embargo, la intensidad de la radiación cósmica es tan baja, incluso a grandes alturas, que los relativamente modestos instrumen-

tos de Hess y Millikan podían confirmarles su existencia, pero no podían descubrirles su naturaleza. Además, puesto que su energía es muy alta, y por tanto su velocidad, dicha radiación está menos ionizada que la de los rayos de baja energía que emiten las fuentes radiactivas. Los rayos cósmicos pasan tan rápido que apenas tienen contacto con los átomos; no sólo están finamente esparcidos, son esquivos. Por si fuera poco, no se sabe precisamente de dónde vendrá la próxima emisión, a diferencia de la radiactividad. Mientras que una fuente radiactiva colocada en un extremo de un tubo alineado produce un haz estrecho y bien definido de radiación, los rayos cósmicos alcanzan la Tierra por todas direcciones. Un paso importante para comenzar a distinguir las piezas del rompecabezas universal lo dieron en 1928 Hans Geiger y Walther Müller, del Instituto de Física de Kiel. Muy pronto, con base en el contador Geiger-Müller se había construido ya incluso un *telescopio* para definir la ruta de los rayos cósmicos.

En esos años, el físico alemán Kurt Urban recogía en la cima del monte Generoso, que se yergue sobre el Lugano, la energía de fabulosas tormentas. Eso animó el primer acelerador atómico y a su inspirador, Rutherford. Por su parte, el joven ruso Dimitri Skobelztzin trataba de resolver un problema con los rayos gamma que interferían su conteo de electrones, pues dichos rayos, la for-

ma más penetrante de radiactividad, no sólo tocaban los electrones dentro de su cámara de iones, elemento primordial de los modernos ilustradores científicos, sino que también afectaban a los electrones fuera de la cámara. Para ello decidió colocarla entre los polos de un imán, a fin de que el campo magnético apartara los electrones que no deseaba contar. Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una partícula en movimiento que tiene carga eléctrica, de manera que su camino tiende a volverse una curva. Tomó fotografías y notó los rastros de algo que seguía una ruta casi recta. Aunque creyó que se trataba de electrones expulsados por los rayos cósmicos gamma, pues aún no había sido montado el *telescopio* basado en el Geiger que demostró que los rayos cósmicos son en realidad partículas cargadas, Skolbeltzjin fue la primera persona en observar directamente e ilustrar las huellas de los rayos cósmicos.

Cuatro años más tarde, en 1932, Carl Anderson instaló en el laboratorio de aeronáutica de Caltech un generador de 600 kW para animar un magneto y descubrió la existencia de la antimateria. La imagen del positrón, antípoda del electrón que rodea el núcleo de todos los átomos, era pobre, pero la capacidad de imaginar estaba siguiendo un orden curioso, estaba dibujando un mapa del conocimiento humano que iba más allá de las antípodas, más allá de la luna, al espacio profundo... en ambas direcciones.

Según Sheldon Glashow, uno de los actores importantes en la edificación de un modelo único para entender la estructura de la materia, en los extremos de esta escalera universal se encuentran la astrofísica y la física de altas energías, y en los dos existen incógnitas que nos atañen profundamente.

Hasta finales de los años 50, lo que ahora conocemos como física de altas energías era llamada física nuclear. Pero la cascada de hallazgos en este mundo subatómico a partir de los años 60 empezó a confundir a los propios físicos. Los biólogos que estudian los reinos animal y vegetal emplean un sistema de clasificación que distribuye los cientos de miles de especies en diversos grupos, clases y familias, según criterios generalmente aceptados. Si no hubiera sido por el esclarecimiento que Carl

von Linné (Linneo) hizo de este sistema en el siglo XVIII, Darwin no hubiera estado en posibilidades de concebir la teoría de la evolución y los biólogos se habrían topado con enormes dificultades para realizar sus investigaciones y comunicar sus progresos a sus colegas. Si bien el número de partículas que se han encontrado no se compara con el de las especies vivas, las perspectivas en esta etapa eran similares para los físicos. Por tanto, era esencial contar con un sistema de clasificación. Murray Gell-Man y Yuval Ne'eman, cada quien por su cuenta, fueron los primeros en proponer un orden más preciso el año de 1962. En 1986, Yuval Ne'eman y Yoram Kirsh publicaron un libro con un título muy significativo: *Los cazadores de partículas*.

Cincuenta años de pruebas, conducidas por varias generaciones de físicos teóricos y experimentalistas en sofisticados aceleradores e interpretados los millones de datos en veloces computadoras que filtran el *ruido de fondo*, han dado como resultado la profunda identificación de las fuerzas electromagnética y la fuerza nuclear débil. Pensar que detrás de la subyugante diversidad del universo descansa una sencillez esencial ha llevado a los cazadores de partículas muy lejos en su esfuerzo por comprender la naturaleza.

## Leon Lederman y las fábricas de belleza

En 1977, Leon Lederman, encabezando un equipo de 15 físicos experimentales, descubrió el quinto quark (*bottom*). Este quark se encontró confinado en un mesón (*bottonio*) al que se le llamó *upsilon*, nueve veces más pesado que el protón. A este quark se le conoció en un principio como *beauty* (después de un quark encantado, *charm*, iuno *bello!*). El quark *bottom* aparece unido a su antiquark para formar un *bottonio* (una especie de binomio), y el *upsilon* de Lederman, con una masa de 9.5 GeV, es el estado con la energía más baja. La manera de los físicos de nombrar el mundo de lo infinitamente pequeño tiene más que ver con una intención lúdica que con lo que designan comúnmente esas palabras. Lederman ha ayudado también a distinguir en forma decisiva la

naturaleza de los neutrinos, cuya masa parece ser nula. Sus experimentos, dice Sheldon Glashow, inauguraron una nueva forma de experimentación en física de altas energías. Obtuvo el premio Nobel en 1988, fue director de Fermilab y ahora es presidente de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, por sus siglas en inglés). Además, realiza una intensa labor de difusión de la ciencia tanto en el ámbito académico como entre políticos, administradores y público en general. Nuestra charla, así como con los otros distinguidos miembros de Fermilab, se desarrolló en el edificio Wilson, nombrado así en honor al director-fundador del Fermilab y diseñador de aceleradores de partículas, Robert Wilson.

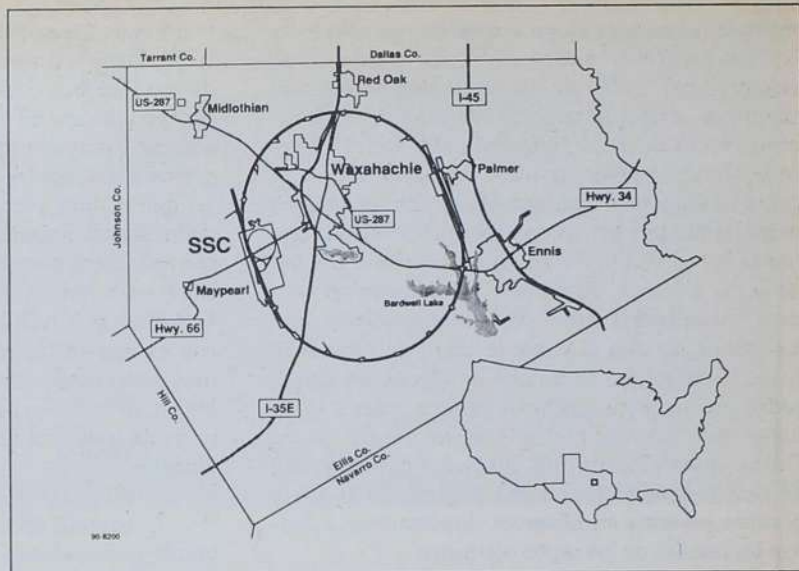
**AyP:** Usted ha dicho que el Tevatrón del Fermilab es el único colisionador donde se puede producir el quark top.

**LL:** Así es.

**AyP:** ¿Cuánto tiempo llevará?

**LL:** Como usted sabe, depende de la masa, y no la conocemos aún. Si es menor de 150 o 160 GeV, entonces es probable que se encuentre durante la presente serie de colisiones, lo cual tomará otro año; más el análisis de los datos, podríamos calcular un par de años. Si es mayor de 150 o 160 GeV, tendremos que esperar más colisiones, y eso podría agregar tres años a nuestra espera.

**AyP:** La explosión del mundo subatómico parece un genuino caso de conocimiento del resultado que se quería obtener. Se induce la respuesta, aunque luego se confirme su existencia. Ustedes hablan de producir, por ejemplo, el quark



Situación del túnel del acelerador SSC que está siendo construido en el estado de Texas, EUA.

top más que de descubrirlo, de fábricas. ¿No es una especie de...?

**LL:** Industrialización (risas). Usamos la palabra fábrica para designar al acelerador que produce una gigantesca cantidad de partículas de una sola clase con el propósito de estudiar sus propiedades. El CERN es una fábrica de partículas Z; deben tener alrededor de dos a tres millones de Z recogidas en sus detectores. No obstante, quizá no sean suficientes si desean conocer realmente sus propiedades e indagar todo lo que pueden enseñarles, ya que se trata de partículas muy pesadas. Hay muchas posibles maneras en que pueden decaer, y algunas son interesantes no sólo para comprender su naturaleza, sino para aclarar las fuerzas electrodébiles. Así, una fábrica en nuestra jerga significa un acelerador dedicado por entero a una partícula. Cuando era joven, y a pesar de que no lo sabía, estaba llevando a cabo mi investigación en una fábrica de piones. Claro, también se habla de fábricas porque si queremos avanzar en la física de altas energías, tenemos que construir la máquina más grande posible, como es el caso del Super Colisionador.

**AyP:** ¿Qué hay acerca de las fábricas de belleza?

**LL:** Por lo común se les considera máquinas de colisiones  $e^+ e^-$ . Por otra parte, pienso que el colisionador de Fermilab se convertirá en un productor muy poderoso de *belleza*. Tal vez no una fábrica, sino un tiro.

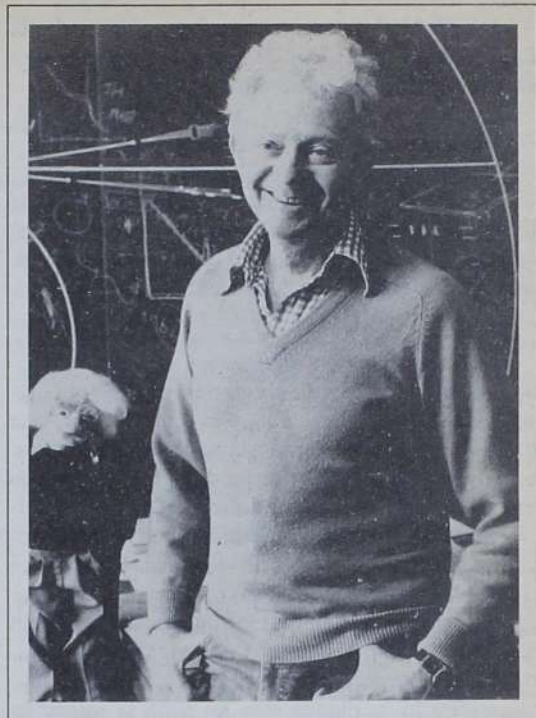
La frase de Lederman sugiere algo más: *Shot*, en inglés, también quiere decir proposición, lance, conjetura, tiro de billar, todo lo cual se acerca profundamente al espíritu sobre el que se basa la teoría cuántica de campo: el principio de incertidumbre de Heisenberg, además, desde luego, de los principios de simetría.

**AyP:** ¿Cree que haya una fecha límite para que Fermilab descubra el quark top?

**LL:** Bueno, siempre tenemos límites para todo. Nuestro deseo en el fondo es hacer buena física, y si el Modelo Estándar es correcto en este nivel pienso que debemos encontrar ese quark en Fermilab. El Modelo Estándar pronostica que, sea lo que sea, esta partícula debe aparecer alrededor de los 200 GeV, y esta energía se encuentra dentro del rango alcanzable por Fermilab en los próximos cinco o seis años.

**AyP:** ¿Me permite especular un poco? Sin ser un experto, ¿no son los bosones de Higgs un "parche" en la teoría?

**LL:** Son más que eso. Algo tiene que ser diferente entre las energías de Fermilab y las del Super Colisionador. Hemos acumulado enormes cantidades de datos, que se explican mediante un grupo de ecuaciones. Tal vez cuando el Super Colisionador esté en marcha y tratemos de predecir lo que pase en él, las ecuaciones den lugar a inconsistencias o pronostiquen cosas imposibles como probabilidades mayores que uno. Quizá falte algo y la mejor manera que tenemos hasta el momento de "curar" nuestra teoría es mediante los Higgs. No sólo hacen aparecer a las ecuaciones más "civilizadas", sensibles, sino que también explican todo el aparato de unificación electro-débil. Explican por qué las interacciones electro-débiles parecen ser tan débiles y la causa de que las interacciones electromagnéticas sean mucho mayores y no obstante ambas sean parte de la misma fuerza. Así que los



Leon Lederman.

Higgs podrían ser considerados una *bonificación*, un premio de Navidad.

**AyP:** ¿En qué estado se encuentra la Fundación Panamericana para la Ciencia y la Tecnología mencionada en el Manifiesto de Cartagena?

**LL:** Si usted recuerda, esta propuesta fue redactada por un grupo de físicos durante una reunión en esa ciudad colombiana, pero no se restringe a la física ni a la ciencia. En el mejor de los casos, quisiéramos que esta fundación operara como la Fundación Nacional para la Ciencia en los Estados Unidos, de tal forma que se apoyara tanto investigación pura como aplicada, desde investigaciones sobre el ambiente hasta instrumentación médica, todo ello de gran utilidad para Latinoamérica. No es un secreto que la ciencia básica rinde frutos económicos y sociales altísimos. Nuestra Fundación Panamericana requiere de grandes sumas. Por fortuna, varios gobiernos latinoamericanos están invirtiendo no sólo en áreas tecnológicas, sino en ciencia básica.

**AyP:** Hay quienes piensan que el Tratado de Libre Comercio (TLC) podría extenderse a la educación superior.

**LL:** ¿En qué sentido?

**AyP:** Más interacción, más intercambio de investigadores, docentes, alumnos, divulgadores; incluso a un plazo más largo, universidades prestigiosas podrían abrir campus en México.

**LL:** Es una idea interesante. Pienso, ante todo, en un programa de educación profesional masivo de alta calidad, apoyado con fondos que tradicionalmente se han destinado a fines militares. Sería magnífico. No sé si tendría que ver con el TLC, pues ese es un tratado estrictamente comercial, pero establecer mecanismos más ricos de colaboración en el nivel de las licenciaturas en ciencia y tecnología nos beneficiaría a los tres países. Sin embargo, hay que ser muy cuidadosos. En los Estados Unidos tenemos un sistema universitario fuerte, desproporcionado con respecto al latinoamericano, y pienso que no sería la intención lastimar a nadie. Creo que podrían hallarse maneras de alcanzar un equilibrio. Son buenas ideas para quienes se ocupan de las políticas educativas en nuestros países.

**AyP:** Por último, ¿podría relatarnos brevemente a qué se dedica en la actualidad?

**LL:** Veamos... doy clases, lo cual me toma mucho tiempo, en el Instituto Tecnológico de Illinois. Se trata de una pequeña escuela orientada a la ingeniería, pero está muy ligada a la vida de la ciudad de Chicago y me interesa en particular. Estoy muy preocupado por la educación de los niños, así que tenemos un enorme programa para renovar el adiestramiento de los profesores que enseñan matemáticas y ciencias a fin de evitar temores infundados, o mejor dicho, mal fundados. Dentro de la AAAS estamos tratando de obtener mayor apoyo para aumentar el número de graduados en ciencias, que por desgracia ha decaído notablemente en este país. Al mismo tiempo, estoy involucrado, como usted sabe, en asuntos latinoamericanos. ...Tengo tantas cosas que hacer, soy una especie de *dilettante*.

## Roy Rubinstein y la física en Latinoamérica

Si bien la física de altas energías es una especialidad de la ciencia básica, según Roy Rubinstein, investigador de Fermilab y enlace del programa de graduados del CINVESTAV, cada vez más personas desean estudiarla, como por ejemplo, ingenieros en telecomunicaciones o médicos interesados en curar ciertas enfermedades mediante radiaciones de los sincrotrones. El Dr. Rubinstein, de origen inglés, había trabajado en diversos aceleradores instalados en la Universidad de Cornell y en Brookhaven antes de llegar a Fermilab en 1973. En ese entonces no existía el anillo y los experimentos se realizaban en blancos fijos. El se encargó de una de esas áreas. Ahora realiza importantes labores administrativas.

**AyP:** Actualmente hay alrededor de 3 mil físicos latinoamericanos con artículos publicados en revistas de prestigio internacional y se espera que al menos el número aumente a 10 mil doctores activos hacia el año 2000. Sabemos que Fermilab está interesado en el desarrollo de la física experimental y teórica de altas energías en Latinoamérica. ¿Qué hace para contribuir a dicho crecimiento?

**RR:** En principio, mantener abiertas las instalaciones. Fermilab es un laboratorio verdaderamente internacional, como lo son los más importantes del mundo. Estoy seguro que en los próximos años más físicos latinoamericanos vendrán a utilizar el equipo instalado aquí. De hecho, hoy en día tenemos muy buenos grupos de México y Brasil.

**AyP:** En 1988 publicó usted un artículo en la *Revista Mexicana de Física* sobre los aceleradores que dejaba entrever su optimismo. ¿Cuál es el futuro de los aceleradores de partículas en los Estados Unidos, dado el alto costo de su operación, mantenimiento y renovación?

**RR:** Hace algunos años se reunieron los físicos estadounidenses de este campo y, en forma unánime, entendieron la conveniencia de construir un acelerador de unos 20 TeV, el super colisionador (SSC). Una pregunta importante es cuánto

apoyo dará a la física de altas energías el gobierno de los Estados Unidos en un futuro próximo. Por lo pronto, el compromiso es que todos los aceleradores, que se hallan bajo la administración de la Secretaría de Energía, se mantengan trabajando. Sin duda, en Brookhaven y en Stanford, por citar sólo dos, se hace muy buena física.

**AyP:** Fermilab ha contribuido a la construcción de los electroimanes superconductores para el Super Colisionador. ¿En qué otras áreas está aportando su experiencia?

**RR:** Ya hemos terminado de transferir nuestra experiencia en la construcción del Tevatrón a la empresa General Dynamics. También Brookhaven tomó parte en la construcción de los imanes, al igual que Berkeley, pero eso ha sido todo. Se ha transferido a la industria porque se necesitarán varios miles de imanes de esa calidad, y eso es mucho más de lo que puede y debe hacer un laboratorio como el nuestro. La gente de General Dynamics vino a ver cómo se hacían, luego ellos trataron de reproducirlo bajo nuestra supervisión y finalmente se llevaron todo el proceso para escarlo. Sin embargo, creo que también seremos responsables de construir el calorímetro.

**AyP:** ¿Cuál es el propósito de mantener un grupo de físicos teóricos en un laboratorio experimental?

**RR:** Es esencial la interacción con ellos. Cuando los datos deben ser interpretados, o cuando algo imprevisto sucede, es invaluable su opinión.

**AyP:** ¿Qué lo decidió a estudiar este campo en particular?

**RR:** Aquí trabajamos en tiempo real. Si algo falla, tenemos que solucionarlo de inmediato y entenderlo. Trabajamos a máxima presión, y eso es muy atractivo y a la vez delicado, pues los aparatos que manejamos cuestan varios cientos de miles de dólares. Además, lo que se está produciendo no volverá a repetirse. Todo ello conforma un reto formidable, muy satisfactorio.

**AyP:** ¿Por qué entonces aceptó llevar a cabo tareas administrativas?

**RR:** Bueno, para estar en un lugar como este hay que sacrificar algo. Venimos a realizar investigación, pero como es un sitio relativamente pequeño, hay que ayudar a que las cosas caminen. Por otro lado, no podemos gastar en profesionales sumamente especializados, pero como tampoco estamos dispuestos a contratar novatos o medianos, que no entienden lo que el investigador requiere, preferimos hacerlo nosotros mismos. Uno puede llegar a ser, en ese caso, un administrador mucho más eficaz. Cuando alguien viene a pedirme algo, sé por qué vino.

## John Peoples: Una nueva era en Fermilab

El director actual del Fermilab, el Dr. John Peoples, habla sobre el nuevo inyector, cuyo presupuesto inicial es de 15 millones de dólares; de la renovación del acelerador lineal, del sistema de separación de haces que alcanzan velocidades cercanas a la luz. Todo ello ofrece a la comunidad la oportunidad de realizar investigación de frontera.

**AyP:** La astrofísica de nuestros días es un poco como la cartografía medieval, que anuncia regiones desconocidas. Al igual que las criaturas imaginarias que pueblan los mapas del medioevo, las partículas de la materia oscura cumplen una función. Uno de los grandes desafíos del final de siglo es escudriñar esta materia. ¿Podría describirnos a grandes rasgos las líneas de investigación en este campo que se llevan a cabo en Fermilab?

**JP:** Junto con el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, la Universidad de Chicago y la Universidad Johns Hopkins participamos en el estudio de un millón de galaxias en el hemisferio norte. El estado actual de los mapas astronómicos y los catálogos, que son nuestras fuentes, dejan mucho que desear para el estudio de la estructura del universo a gran escala. Los mapas que disponemos del cielo forman una colección publicada de varios miles de fotografías en dos bandas de onda. La digitalización de estas fotografías es labo-

riosa, el rango dinámico es pequeño y la resolución angular es apenas adecuada para distinguir imágenes estelares de galaxias en niveles de flujo pertinentes. Además, dos bandas de onda no proporcionan suficiente información para identificar los cuasares entre las estrellas normales. La sensibilidad de cada fotografía difiere y tales variaciones deben ser aminoradas apropiadamente. Existen algunas investigaciones mediante artefactos de carga acoplada (CCD), pero cubren un área mucho menor del cielo, han sido diseñados con otro propósito y no son del dominio público. Es, pues, tiempo de elaborar una imagen digital vasta, detallada del cielo en varias bandas de onda.

Asimismo, las fuentes con las que medimos el corrimiento al rojo incluyen muestras inadecuadas para muchas tareas importantes. Aproximadamente poco más de 25,000 desplazamientos al rojo se han medido a la fecha. Además, sin abundar en mayores detalles, puedo decir que sabemos muy poco sobre las propiedades de aglutinamiento de los cuasares. Llevamos a cabo una nueva investigación en la que utilizamos un telescopio y un sistema de adquisición de datos para estudiar la estructura del universo a escalas cosmológicas. Su trabajo se complementa con el del grupo de astrofísica teórica que labora aquí, en Fermilab.

**AyP:** ¿Cree usted que habrá algo más allá del Modelo Estándar?

**JP:** Siempre habrá una física nueva y estimulante que hacer, puesto que la naturaleza es vasta y fascinante. Tal vez haya algo más simple, hermoso y fundamental, pero no sabemos qué es. No sé tampoco cuánto, pero es probable que haya algo más que quarks y leptones. Por lo pronto, hay preguntas muy estimulantes: ¿qué es la materia oscura?, ¿por qué los neutrinos prácticamente no tienen masa?, ¿Por qué otras partículas tienen masas tan distintas?

## Agradecimientos

Agradezco al Dr. Julio Mendoza Alvarez su apoyo para la realización de estas entrevistas, sin el cual no hubiera sido posible llevarlas a efecto.



John Peoples

Agradezco también a los Dres. Miguel Angel Pérez Angón, Gerardo Herrera Corral, Heriberto Castilla y Arturo Fernández, así como a Mercedes Nylund por su tiempo y consejo en diversos momentos.

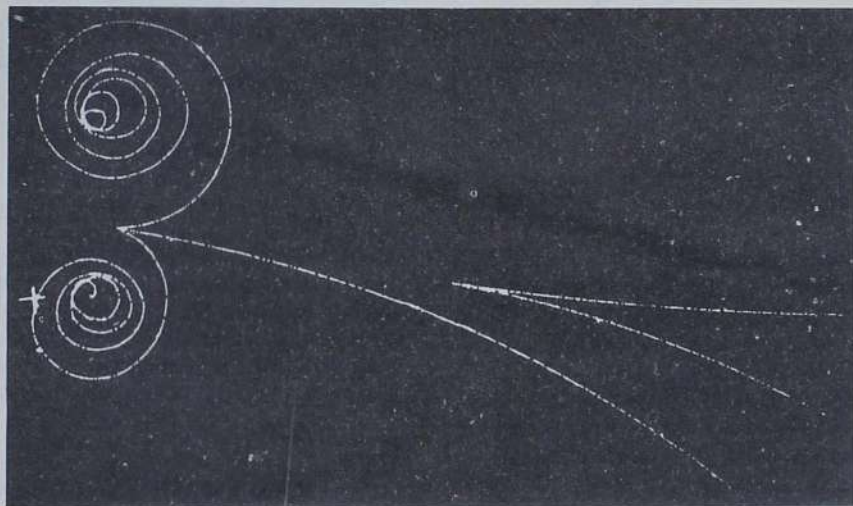
## Bibliografía

- F. Close, M. Marten, y Ch. Sutton, *The Particle Explosion*, (Oxford University Press, Nueva York, 1987).
- D. Del Giudice, *Atlas Occidental*, (Anagrama, Barcelona, 1987).
- Fermilab. *Quarks: A Christmas Lecture by Leon Lederman*, videocassette, 58 min.
- Fermilab. *Upsilon. An Explanation of the Experiment E-288*, videocassette, 9 min.
- J. J. Giambiagi, *Avance y Perspectiva*, **10** (1992) 233.
- S. L. Glashow, en *Discover*, págs. 66-70. Octubre de 1989. S. Hawking, *Historia del tiempo* (Grijalbo, México, 1988).
- L. Lederman, en *Scientific American*, págs. 40-47, noviembre de 1984.
- L. Lederman, "The Tevatron", en *Scientific American*, págs. 48-55, marzo de 1991.
- L. Lederman, "Observations in Particle Physics from Two Neutrinos to the Standard Model", en *Science*, págs. 664-72, 12 de mayo de 1989.
- L. Lederman, y D. Schramm, *From Quarks to the Cosmos: Tools of Discovery*, Freeman & Co., Nueva York, 1989.
- Y. Ne'eman y Y. Kirsh, *The Particle Hunters*. (Cambridge Univ. Press, Cambridge y Nueva York, 1986).
- A. Pickering, *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*, (Univ. Chicago Press, Chicago, 1984).
- R. Rubinstein, *Rev. Mex. Fis.* **34** (1988) 492.



## El barión $\Lambda^0$

*El mecanismo de producción del barión  $\Lambda^0$  en colisiones protón-protón puede ayudar a entender el efecto del momento angular interno (espín) en la interacción fuerte de las partículas elementales.*



*Julián Félix Valdez*

### Número bariónico

El problema de la estabilidad del protón ha intrigado a los científicos por décadas. La mayoría de las partículas conocidas, en estado libre o ligadas, decaen espontáneamente después de cierto tiempo. Por ejemplo, el neutrón en estado libre, después de unos 20 minutos se rompe en un protón, un electrón y un neutrino asociado al positrón:  $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$ . Sin embargo, nunca se ha observado que el protón se desintegre. En términos experimentales se ha mostrado que en todo caso la vida media

de los protones en estado libre debe ser superior a los  $10^{32}$  años, y la de los protones confinados en núcleos atómicos debe sobrepasar los  $10^{35}$  años<sup>1</sup>. Para tener una idea de lo que quieren decir estos números, sólo recordemos que la vida estimada del universo es de  $10^9$  años. Por ello decimos que el protón es completamente estable. Su estabilidad, no obstante, permanece como un misterio, pues de acuerdo con las leyes de conservación de la carga eléctrica, de la energía, de la paridad, del momento angular, etc., podría decaer por ejemplo en un positrón más un pión neutro  $p \rightarrow e^+ \pi^0$ . ¿Por qué no se observa esta reacción en la naturaleza? Una primera explicación podría surgir a partir del decaimiento del neutrón  $n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$  y asumiendo la conservación del número de nucleones, es decir, del número de protones y neutrones. Sin embargo, existen reacciones como  $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$ , don-

El M. en C. Julián Félix Valdez es físico egresado de la ESFM-IPN y maestro en ciencias (Física) del Cinvestav. Realiza su estudios de doctorado en la Universidad de Massachusetts en Amherst, EUA.

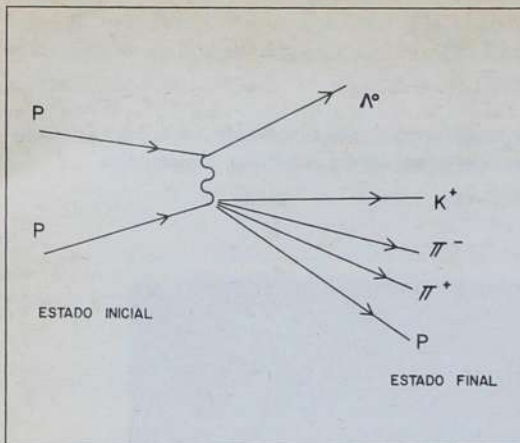
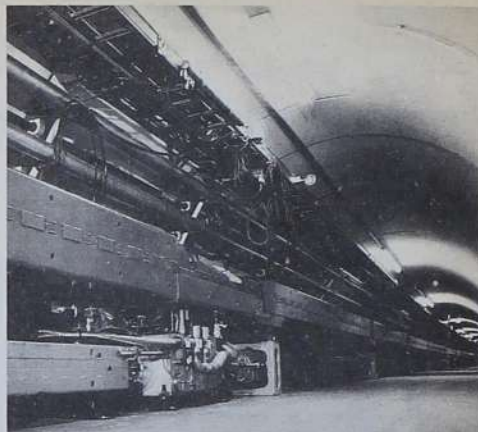


Figura 1. Ejemplo de reacción exclusiva.

de en el estado inicial se tiene una partícula que no es un nucleón y al final se tiene un nucleón: nuestra primera suposición de la conservación de los nucleones falla aquí estrepitosamente.

Podemos ensayar otra hipótesis, sugerida a partir de las reacciones  $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$  y  $n \rightarrow pe^- \bar{\nu}_e$ ; como ambas tienen un protón en su estado final, resulta interesante encuadrar a las tres partículas  $n$ ,  $p$ ,  $\Lambda^0$  en una familia más amplia que denominaremos de los bariones. Asignaremos el número bariónico positivo +1 ( $B = +1$ ) a cada una de ellas, el número bariónico negativo -1 ( $B = -1$ ) a las respectivas antipartículas  $\bar{n}$ ,  $\bar{p}$ ,  $\bar{\Lambda}^0$ , y al resto de partículas les asignaremos  $B = 0$ . Con esta definición podemos enunciar ahora una ley de la conservación del número bariónico: en toda reacción donde intervienen partículas elementales el número bariónico permanece constante.

De acuerdo con esta ley, la estabilidad del protón resulta explicable, ya que como no existe un barión más liviano que el protón, éste no puede desintegrarse sin violar dicha ley. En realidad la ley de la conservación del número bariónico se induce a partir de la estabilidad del protón: ante la ausencia de un fenómeno en la naturaleza esperamos que alguna ley de prohibición esté en juego. Si la reacción  $p \rightarrow e^+ \pi^0$  ocurriera en la naturaleza, se violaría el principio de la conservación del número bariónico. En cambio, la reacción  $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$  sí se presenta porque se conserva la carga eléctrica,



ca, el momento angular, la masa y energía, el número bariónico, etc. La ley de la conservación del número bariónico se fundamenta entonces sobre bases experimentales. Es el propósito del presente artículo reseñar las propiedades físicas del barión  $\Lambda^0$  y su importancia en la física de altas energías.

## Producción y detección

En los experimentos de altas energías de blanco fijo el barión  $\Lambda^0$  se produce en abundancia acompañado de otras partículas como kaones, piones, electrones, fotones, protones, etc. El barión  $\Lambda^0$  decae en un protón más un pión negativo con 64% de probabilidad y decae en un neutrón más un pión neutro con 36% de probabilidad. (Tabla 1). El

masa	$111.5.63 \pm 0.05$ MeV
vida media	$(2.632 \pm 0.020) \times 10^{-10}$ s
distancia media recorrida	7.89 cm
espín	1/2
isoespín	0
paridad	+
extrañeza	-1
No. bariónico	+1
$\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$	$(64.1 \pm 0.5)\%$
$\Lambda^0 \rightarrow n \pi^0$	$(35.7 \pm 0.5)\%$
$\Lambda^0 \rightarrow n \gamma$	$(1.02 \pm 0.33) \times 10^{-3}\%$

Tabla 1. Propiedades físicas más importantes del barión<sup>3</sup>  $\Lambda^0$ .

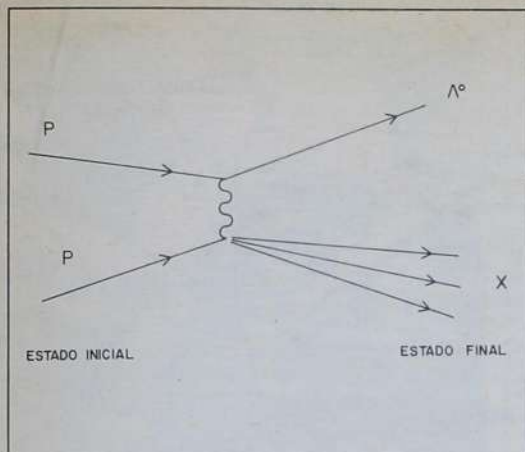


Figura 2. Ejemplo de reacción inclusiva.

estado final del decaimiento dominante,  $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$ , es fácil de estudiar; el protón y el  $\pi^-$  se detectan con mucha facilidad y además sus propiedades son bastante conocidas.<sup>2</sup>

La  $\Lambda^0$  se produce en la colisión de protones contra protones. Los blancos usados incluyen materiales varios como hidrógeno, berilio, iridio, tungsteno, platino, carbono y haces de protones; las energías usadas van de 6 GeV hasta 2000 GeV. Los tipos de reacciones y las formas de producción son importantes para el estudio de la  $\Lambda^0$ . Dentro de las reacciones de producción de altas energías se distinguen dos tipos: en las reacciones exclusivas se conoce el estado inicial ( $pp$ ), y el estado final  $\Lambda^0 p K^+ \pi^- \pi^+$  como se muestra en la figura 1. En las reacciones inclusivas también se conoce el estado inicial ( $pp$ ), pero sólo parcialmente el estado final ( $\Lambda^0 X$ ), donde X indica la parte desconocida de la reacción que no se registra en el detector (Fig. 2).

En las reacciones de altas energías, el barión  $\Lambda^0$  es creado de dos formas distintas. Ambas son fundamentales para el estudio de sus propiedades físicas, ya que dependen fuertemente del mecanismo de creación. En la producción directa, la colisión frontal protón protón produce una partícula *-fire ball-* o *bola de fuego* sumamente masiva que decae rápidamente. Decimos que la partícula  $\Lambda^0$  es creada en forma directa si proviene de esa partí-

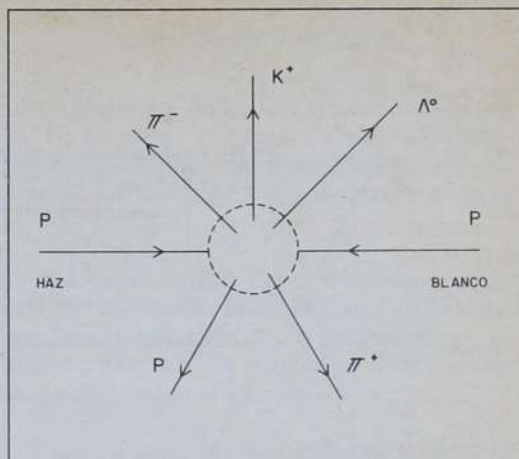
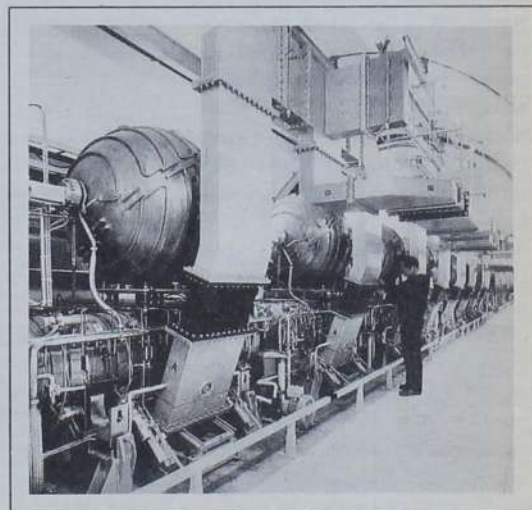


Figura 3. Ejemplo de producción directa.

cula (Fig. 3). En la producción indirecta la partícula  $\Lambda^0$  proviene de otras partículas primarias que sí fueron creadas directamente (Fig. 4).

Se define el plano de producción del barión  $\Lambda^0$  como el plano formado por la dirección del haz incidente y la de la velocidad de momento de la  $\Lambda^0$  (Fig. 5). El sistema de coordenadas útil para el estudio del barión  $\Lambda^0$  y la normal al plano de producción se definen como se muestra en esta misma figura. Dentro de todos los sistemas de referencia que podrían ser usados para estudiar el barión  $\Lambda^0$ , este último resulta de extrema utilidad.



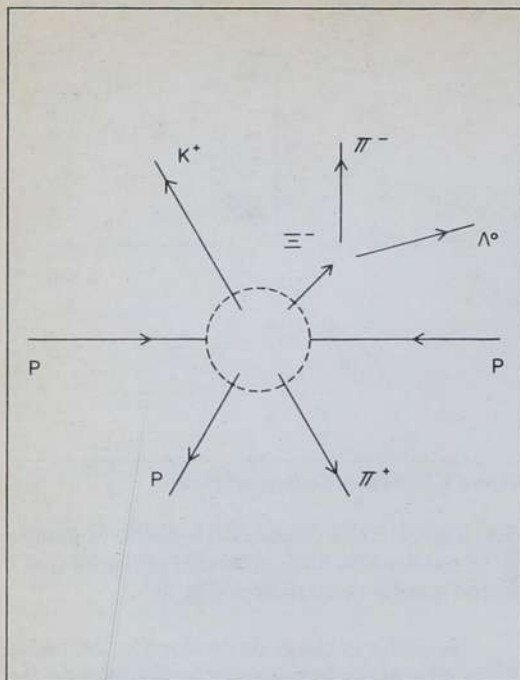


Figura 4. Ejemplo de producción indirecta.

## Importancia del estudio del barión $\Lambda^0$

El estudio del barión  $\Lambda^0$  proporciona pruebas directas sobre los mecanismos de producción de las partículas elementales, en especial los mecanismos de producción donde interviene el espín de las partículas. Cuando en las colisiones protón-protón se aumenta la energía del haz incidente, intuitivamente se esperaría que el número de canales de producción de partículas en el estado final aumentara también; es decir, que aumentarían las vías o formas de producir estas partículas y también el número de partículas en el estado final de la reacción. Por lo mismo, algunas cantidades físicas, como el espín de las partículas, deberían salir orientados al azar, sin ninguna orientación privilegiada. En base a estas consideraciones, algunos científicos llegaron a pensar que el espín de las partículas era una complicación innecesaria. Sin embargo, en 1974 se descubrió en el Fermilab<sup>1</sup> que los bariones  $\Lambda^0$  directamente producidos en reacciones inclusivas de protones contra protones

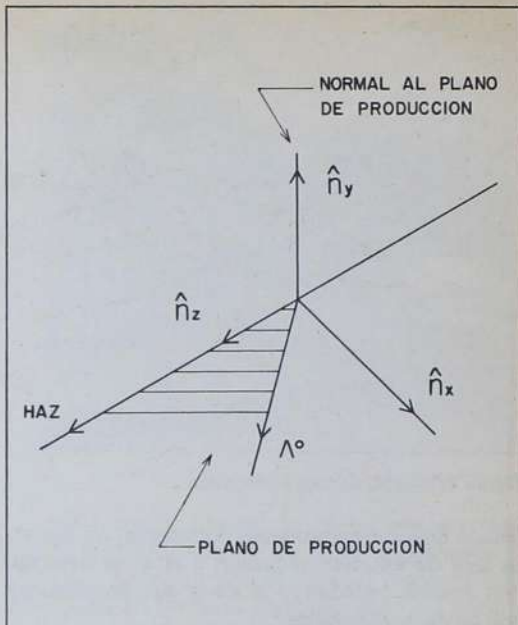


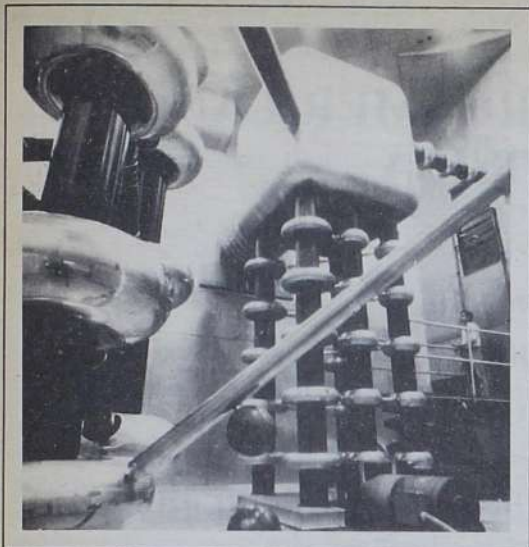
Figura 5. Se muestran el plano de producción, la normal a éste, y los ejes coordenados apropiados para estudiar la polarización de  $\Lambda^0$ .

resultan polarizados, esto es, el espín de las partículas  $\Lambda^0$  apunta preferentemente en cierta dirección. Como consecuencia se obtiene una asimetría en la distribución angular de los productos de decaimiento de la  $\Lambda^0$ , lo que a su vez indica la violación de la paridad en las interacciones débiles<sup>4</sup>. Este descubrimiento devolvió el interés de los científicos al fenómeno de la polarización de los bariones.

## Polarización

En los experimentos realizados en Fermilab, se observaron las siguientes características sobre la polarización del  $\Lambda^0$ . (i) El vector de la polarización es normal al plano de producción, con dirección negativa a este plano. (ii) La polarización no depende de la naturaleza del blanco ni de la energía del haz incidente. (iii) La polarización depende de la cantidad de movimiento transversal de la partícula.

Aunado a los hechos experimentales anteriores se tiene que las  $\Lambda^0$  -las antipartículas- no se producen polarizadas, así como las partículas  $\Lambda^0$



indirectamente producidas. Estos resultados se revelaron harto importantes, en parte porque destruyeron la creencia basada en la intuición de que en un estado final, formado por muchas partículas, el espín sale orientado al azar. Asimismo, porque mostraron que el espín de las partículas juega un papel muy importante en los mecanismos de producción de las partículas.

Los resultados experimentales de la polarización del barión  $\Lambda^0$  en reacciones inclusivas han sido corroborados por varios laboratorios del mundo, en EUA (BNAL, FERMILAB), en Europa (CERN), en Japón (KEK) y en Rusia (DUBNA).

Estudios sobre la polarización del barión  $\Lambda^0$  en reacciones exclusivas no se han realizado todavía. El fenómeno de la polarización del barión  $\Lambda^0$  no se entiende satisfactoriamente. ¿Cuál es el origen de la polarización y por qué depende de la cantidad de movimiento transversal de la partícula? Todavía no sabemos la respuesta.

El punto (i) de los resultados experimentales del  $\Lambda^0$  es perfectamente explicable por la ley de la conservación de la paridad en las interacciones fuertes<sup>4</sup>. La partícula  $\Lambda^0$  es creada mediante las interacciones fuertes y decae a través de las interacciones débiles. Del punto (ii) se desprende que la polarización no es un fenómeno nuclear.

## Comentarios finales

La  $\Lambda^0$  fue incluida, junto con el protón y el neutrón, en el primer esquema, de base de representación irreducible que intentó clasificar a los hadrones. La base de tal representación es  $(p, n, \Lambda^0)$ .

Este viejo esquema fue el antecedente de la teoría de los quarks propuesto por Gell-Mann. Ahora hemos aprendido que la polarización es un parámetro muy sensible al mecanismo de producción, de ahí su enorme importancia.

Por otro lado, nos falta entender a fondo el fenómeno de la polarización del barión  $\Lambda^0$ , su origen, su dependencia con la cantidad de movimiento transversal de la  $\Lambda^0$  y su nula dependencia con la energía.

## Notas

1. G. Bunce et al., *Phys. Rev. Lett.* **36** (1976) 1113.
2. William R. Frazer, *Elementary Particles* (Prentice-Hall, New Jersey 1966).
3. Particle Data Group, *Review of Particle Properties*, *Phys. Rev. D* **45** (1992).
4. J. Felix Valdez, *Avance y Perspectiva* **10** (1991) 3.



# II CONGRESO IBEROAMERICANO DE BIOFISICA

Puebla , Puebla  
3 al 7 de octubre de 1993

Sociedad de Biofísicos Latinoamericanos (SOBLA)  
Sociedad de Biofísica de España

- Estructura y dinámica de macromoléculas biológicas
  - Aspectos moleculares de membranas biológicas
    - Bioenergética y fotobiología
    - Transducción de señales en membranas
      - Canales iónicos
      - Transporte mediado
    - Contracción muscular y motilidad celular
      - Interacciones intercelulares
  - Teoría, metodología y técnicas instrumentales

**Mayores informes:**  
**II Congreso Iberoamericano de Biofísica**  
Departamento de Neurobiología  
Instituto Mexicano de Psiquiatría  
Calzada México-Xochimilco No. 101  
México, D.F. C.P. 14370  
Fax: 655 9980

# Una experiencia de verano en el CERN

*El laboratorio europeo CERN recibe 150 estudiantes cada año dentro de sus programas de verano de iniciación a la investigación en física, ingeniería y computación.*

**Guillermo Contreras y Leonel Magaña**

## Un proyecto internacional

El Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) es uno de los laboratorios más importantes en el mundo en el área de la física de altas energías. Se encuentra en las cercanías de la ciudad de Ginebra en la frontera entre Suiza y Francia y fue fundado a mediados de los años 50 en un esfuerzo de colaboración científica internacional. Actualmente participan en su administración y organización 17 países europeos; sin embargo, en cada uno de los experimentos que se realizan en sus instalaciones colaboran varios grupos de físicos de diferentes universidades (no necesariamente de los países miembros del CERN), que se asocian para hacer uso de los laboratorios allí existentes. De este modo, cada año se dan cita en las instalaciones del CERN alrededor de diez mil usuarios provenientes de todas partes del mundo.

Entre otras instalaciones experimentales, el CERN cuenta con grandes aceleradores de partículas como el Large Electron Positron collider (LEP), que tiene una circunferencia de 27 kilómetros, el Super Proton Synchrotron (SPS) y el Low Energy Antiproton Ring (LEAR). También cuenta con un poderoso centro de cómputo y una biblioteca que recibe una gran cantidad de publicaciones especializadas. El alcance de su programa experimental es bastante amplio, pues además de medir con extraordinaria precisión los parámetros



del modelo estándar de las interacciones electro-débiles en el acelerador LEP, se han obtenido cotas a posibles escenarios propuestos por otros modelos. También se estudian otros procesos, que van desde la aplicación de isótopos radioactivos a la medicina hasta el confinamiento de antiprotones en trampas magnéticas con vistas a una eventual formación de antihidrógeno.

Actualmente se encuentra en marcha el diseño y puesta a prueba de los distintos dispositivos que conformarán en un futuro próximo el Large Hadron Collider (LHC), un colisionador de protones que alcanzará energías nunca antes vistas en un laboratorio. Estos estudios contribuyen al avance de la física también en áreas diferentes a la de altas energías, e.g., ciencia de materiales y superconductividad, así como al avance en diversas ra-

Guillermo Contreras y Leonel Magaña son físicos egresados de la ESFM-IPN y la UMSNH, respectivamente. Realizan sus estudios de maestría en ciencias en el Departamento de Física del Cinvestav. Una versión reducida de este texto apareció publicada en el Bol. Soc. Mex. Fis. 6 (1992) 95.



Vista aérea de las instalaciones del CERN.

mas de ingeniería, matemáticas y computación. En resumen, el CERN es un lugar ideal para que, mediante estancias cortas, físicos experimentales en formación adquieran una visión global y detallada de cómo se hace y desarrolla la ciencia en nuestros días.

### Programa de verano

El CERN cuenta con un programa para recibir durante el verano a 150 estudiantes de física, ingeniería y computación. La mayoría son europeos provenientes de alguno de los países miembros, a los cuales se agregan estudiantes de otros lugares como Rusia, EUA, Canadá y en nuestro caso México. Durante su estancia, cada uno de ellos debe integrarse a un grupo de investigación y asistir durante casi un mes a los cursos de verano que imparten prestigiados investigadores. Estos cursos cubren las áreas básicas de interés de un futuro físico de altas energías: introducción al modelo estándar, física de aceleradores, métodos de Monte Carlo, detectores, física de neutrinos, etc. Como

parte de estos cursos, se realizan visitas guiadas a las principales áreas experimentales del CERN. En estas visitas un experto en el tema muestra el experimento que se realiza y explica tanto los procesos físicos que se están estudiando como los detalles técnicos que se utilizan en su búsqueda.

Además de las actividades diseñadas *ex profeso* para los estudiantes de verano, el CERN brinda la oportunidad de asistir casi todos los días a alguna conferencia sobre desarrollos recientes impartida por un líder mundial. También resulta propicia la atmósfera del laboratorio para realizar visitas a título personal a cualquier experimento que haya captado la atención del visitante durante su estancia.

### Nuestras actividades

Durante nuestra estancia de verano en el CERN trabajamos en la división de tecnología de aceleradores bajo la supervisión del profesor Karsten Eggert y del doctor Andreas Morsch. Nuestra labor consis-



tió en estudiar diferentes métodos para medir la luminosidad (que explicaremos más adelante) ya utilizados en otros aceleradores, decidir acerca de su posible aplicación en el LHC, y colaborar en el diseño de un dispositivo experimental que cumpliera con las restricciones impuestas al LHC, pues será construido en el mismo túnel que el LEP. Cada semana presentábamos un seminario frente al grupo a fin de analizar los avances conseguidos y decidir el plan de trabajo para la siguiente semana. Como resultado de estos seminarios y discusiones se seleccionaron dos métodos, descritos a continuación, que podrían ser utilizados para medir la luminosidad en el LHC.

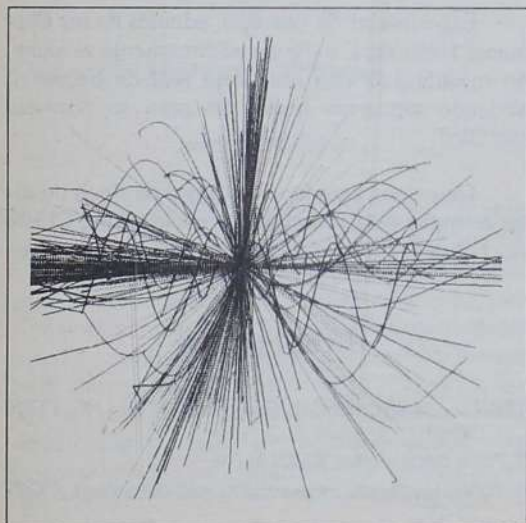
## Luminosidad

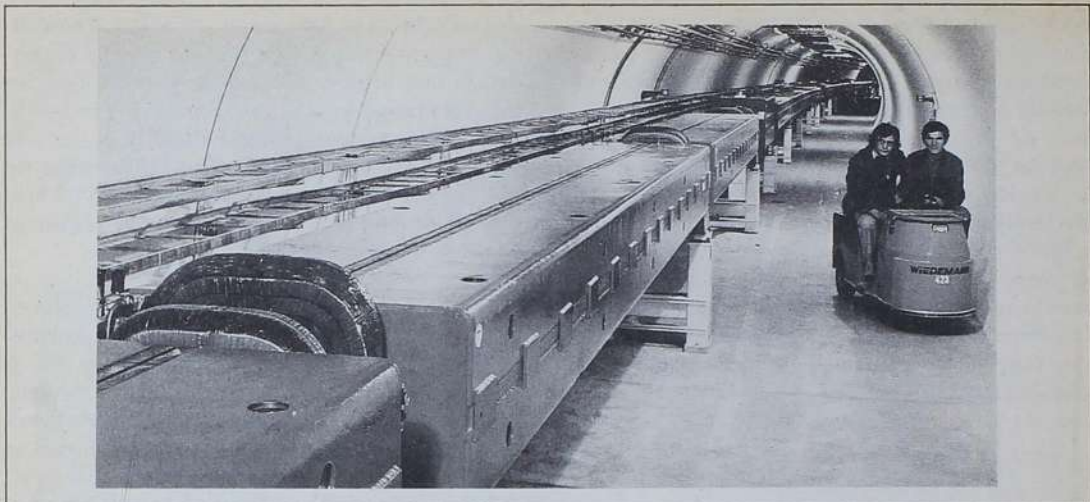
En un experimento de altas energías se hacen chocar dos paquetes de partículas viajando en direcciones opuestas a muy altas velocidades. Como resultado de esta colisión surgen nuevas partículas que son detectadas en inmensos aparatos (los detectores propuestos tienen en cada una de sus dimensiones el tamaño de un edificio de 10 pisos) que rodean el punto de interacción. El número de eventos registrados en una colisión particular es directamente proporcional a su sección eficaz (que nos da una idea de qué tanto chocan los paquetes) y, la constante de proporcionalidad entre estas

dos cantidades es llamada luminosidad. Esta definición permite separar de manera clara la dependencia que tiene el número de eventos medidos durante el experimento con respecto al proceso físico que lo produce (sección eficaz) y el montaje experimental (luminosidad). Esta es la razón de que sea tan importante la medida de la luminosidad en experimentos como los que se realizarán en el LHC.

También se puede concluir, de la definición, que para un montaje experimental dado la luminosidad es independiente del proceso físico que se esté estudiando, por lo que se tienen dos caminos generales para medirla. Uno es determinarla directamente a partir del montaje experimental: cuál es la cantidad de partículas que chocan, cuál es su distribución espacial, cuál es su energía, en qué ángulo colisionan, etc. Otro es determinarla a partir de un proceso bien conocido que se produzca en el experimento y usar este valor como calibre para encontrar la sección eficaz de eventos desconocidos que también sean producidos en el experimento.

El primer método que estudiamos se llama de van der Meer en honor del físico holandés Simon P. van der Meer, ganador del premio Nobel de Física en 1984 y que fue quien lo diseñó. En este método la luminosidad se determina a partir de los parámetros del acelerador y se deduce una fórmula para calcularla en la cual todos los parámetros menos uno están determinados de antemano. El parámetro faltante es la dimensión transversal a la dirección de movimiento de los paquetes interactuantes. Si los paquetes se hacen chocar varias veces con sus centros desplazados en diferente medida y en cada ocasión se mide el número de eventos de un tipo determinado, se obtiene una curva de forma gaussiana con su máximo correspondiendo a los centros alineados. En 1968 van der Meer demostró que el área de esta curva dividida por la altura del máximo era exactamente el parámetro no determinado en la expresión teórica de la luminosidad. Este método se usó satisfactoriamente durante muchos años en el acelerador Intersecting Storage Ring (ISR) del CERN (actualmente sólo existe el túnel, pues el acelerador fue desmantelado) y respecto a su aplicación en el LHC se concluyó lo siguiente: En el ISR se necesi-





taba determinar sólo una de las dimensiones transversales, en el LHC será necesario determinar las dos con el consiguiente aumento en el trabajo requerido –se deberá aplicar dos veces el método– y en el porcentaje de error estimado. Las dimensiones por determinar en el ISR eran de milímetros y en el LHC serán del orden de micrómetros. Además, es necesario mejorar las técnicas usadas o desarrollar algunas nuevas para obtener la precisión necesaria en la medición de la luminosidad.

El otro método estudiado se basa en el uso de una sección eficaz conocida. Como en colisiones protón-protón no se tiene una fórmula matemática para determinar las secciones eficaces, es necesario realizar un experimento inicial, bajo condiciones diferentes a las que prevalecerán durante el experimento real, a fin de medir la sección eficaz de prueba. En este caso se usó la sección eficaz llamada de difracción simple, en la cual dos protones chocan produciendo un protón y otras partículas cuya masa es mucho menor que la energía de la colisión en el centro de masas. Se concluyó lo siguiente: En el SPS (Super Proton Synchrotron) del CERN se ha podido conseguir un excelente ajuste experimental a este proceso en la región de muy poco momento transferido (menor que 2.3 GeV). La misma técnica puede ser empleada en el LHC. Sería necesario ampliar el rango de momento

transferido hasta 3 GeV, pero no se prevé ningún impedimento para hacerlo.

A pesar de las restricciones espaciales existentes en el túnel, se encontró que un detector colocado aproximadamente a 60 metros del punto de interacción (en ese punto y de acuerdo al diseño actual existe un espacio libre) puede funcionar como monitor de luminosidad. La resolución necesaria en el detector para obtener la precisión requerida en la medición de la luminosidad puede alcanzarse con la tecnología existente.

Experiencias de este tipo, además de ser altamente formativas, motivan enormemente al alumno mostrándole una atmósfera real de trabajo y abriendo excitantes horizontes para su porvenir científico.

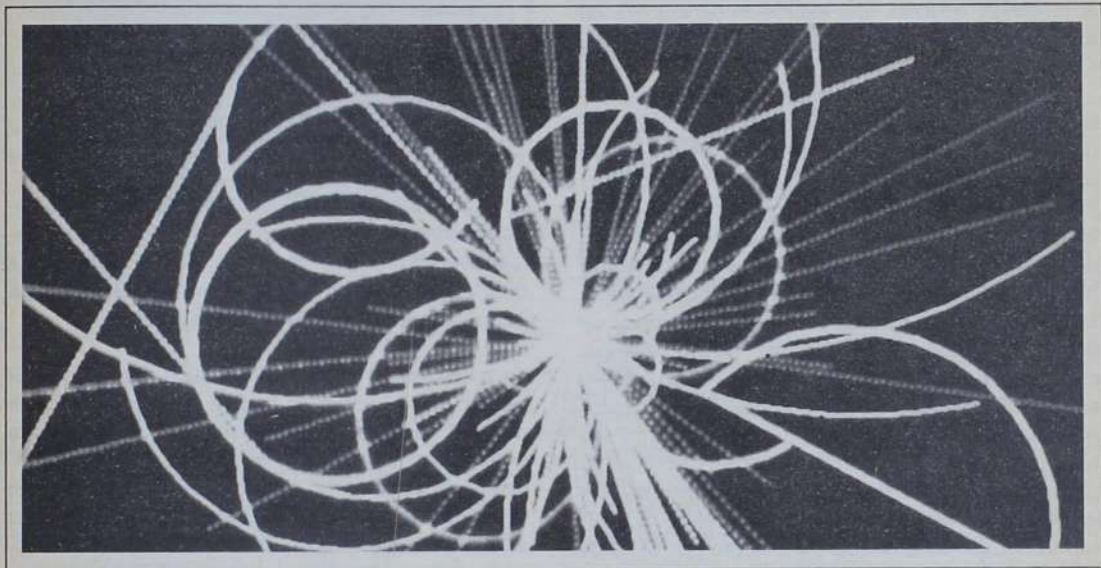
Deseamos agradecer al grupo de física de altas energías del Cinvestav y al personal del CERN por haber hecho posible una maravillosa estancia.

## Bibliografía

- CERN annual report (1991). Design study of the LHC, CERN 91-03.
- K. Potter Beam profiles, CERN 85-19.
- K. Potter, Luminosity measurements and calculations, CERN 85-19.

## E791, un experimento para observar la transformación de materia en antimateria

En el experimento E791, que se realiza en el Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab) de los EUA, participan 35 físicos de catorce instituciones que representan a cinco países (Brasil, Canadá, Estados Unidos, Israel y México).



*Gerardo Herrera Corral*

### Antimateria

Uno de los tópicos más fascinantes de nuestros tiempos, y que será estudiado en el experimento E791, es el de las oscilaciones de materia- antimateria. En 1931 el físico inglés Paul A.M. Dirac predijo la existencia de una nueva partícula a la que llamó positrón. Según Dirac, el positrón debería estar directamente relacionado con el electrón. Todas las propiedades de estas dos partículas obedecerían ciertas reglas de correspondencia. Sus masas y espines (momento angular intrínseco) serían iguales, aunque sus cargas deberían ser de

signo opuesto. Sin embargo, según la predicción de Dirac, lo más sorprendente de todo esto es que si estas partículas llegaran a juntarse deberían aniquilarse liberando toda su masa en forma de energía (electromagnética). El positrón fue descubierto experimentalmente en el Tecnológico de California un año después de la predicción de Paul A.M. Dirac y su descubridor, Carl David Anderson, recibió el premio Nobel en 1936 por este hallazgo. Hoy se sabe que el positrón es la antipartícula del electrón.

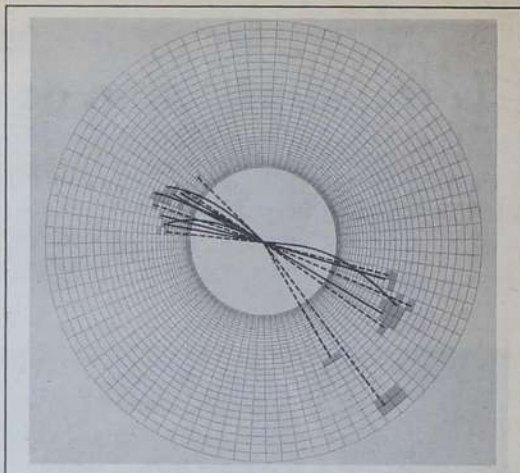
Siguiendo los mismos argumentos que planteó Dirac para la existencia del positrón, resulta natural esperar que para cada tipo de partícula

exista una antipartícula. Esto también ha sido observado en forma experimental. Así, por ejemplo, como existe el protón simbolizado con  $p$ , también existe el antiprotón simbolizado con  $\bar{p}$ . El antiprotón tiene carga eléctrica negativa y la misma masa que el protón que tiene carga positiva. Cuando el protón y el antiprotón se juntan, se aniquilan. De la misma forma, aunque el neutrón no tiene carga eléctrica y es difícil distinguirlo de su antipartícula por este hecho, tiene una serie de propiedades opuestas a las del antineutrón, de tal manera que, al juntarlos, ocurrirá una explosión de energía en forma de radiación.

Si tenemos antineutrones, antiprotones y antielectrones deberíamos poder construir anti-átomos; hasta ahora esto no ha sido posible pero en principio es factible. Un anti-hidrógeno estaría formado por un antiprotón y un positrón girando a su alrededor. El mundo que conocemos está hecho de protones, neutrones—los que, a su vez, están hechos de quarks— y electrones, principalmente. Los experimentos revelan que existen seis tipos de quarks (llamados en inglés up, down, strange, charm, beauty y truth o en español: arriba, abajo, extrañeza, encanto, belleza y verdad) y seis leptones [electrón ( $e$ ), muón ( $\mu$ ) y tau ( $\tau$ ) así como sus neutrinos]. Toda la materia que observamos en el universo está hecha de tales partículas. No hay, sin embargo, antiprotones o antineutrones hechos en forma natural de anti-quarks, excepto por algunos pocos producidos en los laboratorios. Además, esto parece ser cierto en toda nuestra galaxia.

Si existieran grandes regiones de antimateria en nuestra galaxia, esperaríamos observar grandes cantidades de radiación proveniente de los bordes entre las regiones de materia y antimateria, donde muchas partículas estarían aniquilándose con sus antipartículas produciendo radiación. No sabemos si otras galaxias están hechas de antimateria, pero sí sabemos que no pueden ser una mezcla de materia y antimateria porque de nuevo deberíamos observar la radiación proveniente de las aniquilaciones.

Actualmente se cree que todas las galaxias están compuestas de quarks de manera predominante y no de antiquarks. Si el número de quarks y antiquarks hubiera sido el mismo al momento de



la creación del universo, se habrían aniquilado entre sí dejando solamente un universo lleno de radiación. Pero, ¿por qué habrían de existir más quarks que antiquarks? ¿Qué provocó la tendencia inicial del universo a favor de los quarks?

Las teorías de *gran unificación* dan una explicación a esto. En estas teorías se establece que a muy alta energía los quarks pueden convertirse en antielectrones. También es posible el proceso inverso, es decir, que antiquarks se conviertan en electrones y, a su vez, electrones y antielectrones en antiquarks y quarks. Estas transformaciones estuvieron presentes al comienzo del universo y lo llevaron a tener más quarks que antiquarks. En otras palabras, las leyes de la física no son exactamente las mismas para partículas y antipartículas. Sin esta asimetría entre materia y antimateria el universo que conocemos no sería posible.

Hoy se sabe que existen otras partículas además del protón y del neutrón, que son arreglos diferentes de los ya mencionados quarks. Los protones y neutrones son arreglos de tres quarks y se diferencian entre sí por el tipo de quarks que los constituyen. A un arreglo de tres quarks ligados entre sí se le llama barión. Existen también partículas compuestas por dos quarks—o más bien una pareja quark-antiquark— a los que se llama mesones. Los piones o partículas ( $\pi$ ) son un ejemplo de mesón. Los piones están formados por un quark  $u$  (up) y un antiquark  $d$  (down), mientras que un an-

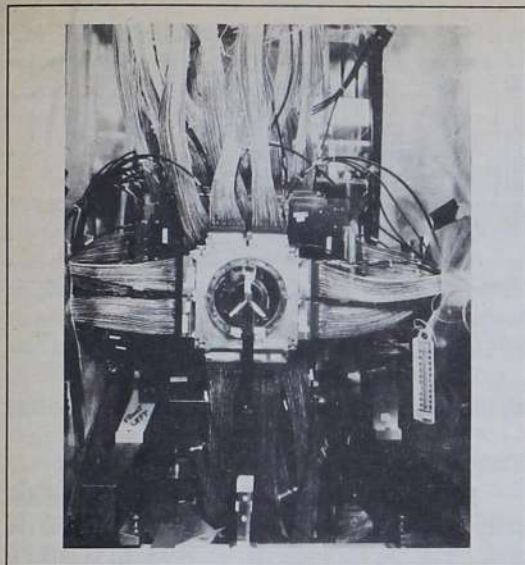


Fig. 1. Detector de franja de silicio y cableado para la extracción de las señales electrónicas.

tipión está formado por un antiquark  $\bar{u}$  y un quark  $d$ .

De especial interés para el tema que tratamos son los mesones  $D$  o mesones encantados (charméd). En ellos se manifiesta de manera particular la asimetría entre materia y antimateria. Los mesones  $D$  están compuestos por un quark  $c$  y alguno de los quarks más ligeros  $u, d$  o  $s$ .

Uno de los rasgos especiales de los mesones neutros  $D^0$  (con contenido de quarks  $c\bar{u}$ ) es que tanto ellos como sus antipartículas  $\bar{D}^0$  (con contenido de quarks  $\bar{c}u$ ) decaen en ciertas ocasiones de la misma forma. Es decir, la forma normal sería:

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

y

$$\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-,$$

pero en ciertas ocasiones se tiene

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

Si los mesones neutros  $D^0$  y sus antipartículas

decaen en la misma forma, ¿cómo es posible saber la diferencia entre ellas? Experimentalmente podría ser detectada una sutil diferencia en la manera como se comportan los mesones  $D^0$  y sus antimesones  $\bar{D}^0$ . Esta diferencia podría ser que esté relacionada con la asimetría universal entre materia y antimateria; por eso pensamos que al tratar de entender los resultados experimentales podríamos vislumbrar la asimetría que estuvo presente al momento de la creación del universo <sup>1</sup>.

## Detectores

Para crear partículas encantadas ( $D^0, \bar{D}^0$ , entre otras) y poder estudiar sus decaimientos es necesario construir grandes máquinas capaces de generar la energía suficiente para producirlos. La manera más segura para alcanzar estas energías es haciendo colisionar un haz de partículas contra otro haz, o bien contra un blanco que se encuentra fijo.

En el experimento E791 un haz de piones proveniente del acelerador de Fermilab golpea un blanco produciendo la reacción  $\pi$  protón. La producción y transmisión del haz de piones no serán considerados aquí, sólo diremos que estas partículas son guiadas a través de tubos al vacío por medio de campos electromagnéticos y dirigidos hasta el área experimental donde se encuentra el detector. La partícula sale del tubo para encontrarse con el blanco. El blanco es el material con el que la partícula interactúa para producir partículas secundarias, de las cuales algunos contendrán al quark charm o encanto y otras (en número menor que las anteriores) contendrán al quark beauty o belleza.

En la Fig. 1 se muestra una vista a escala del detector utilizado en el experimento E791. Una representación esquemática de las partes del detector se muestra en las Fig. 2 y 3. La combinación de diferentes detectores conocida como espectrómetro permite a los físicos detectar partículas con diferentes masas y energías en forma simultánea. El blanco consiste de cinco hojas delgadas espaciadas 1.4 cm entre sí, la primera de platino y las cuatro siguientes de diamante (carbón). Las partículas secundarias producidas en la interacción de la par-

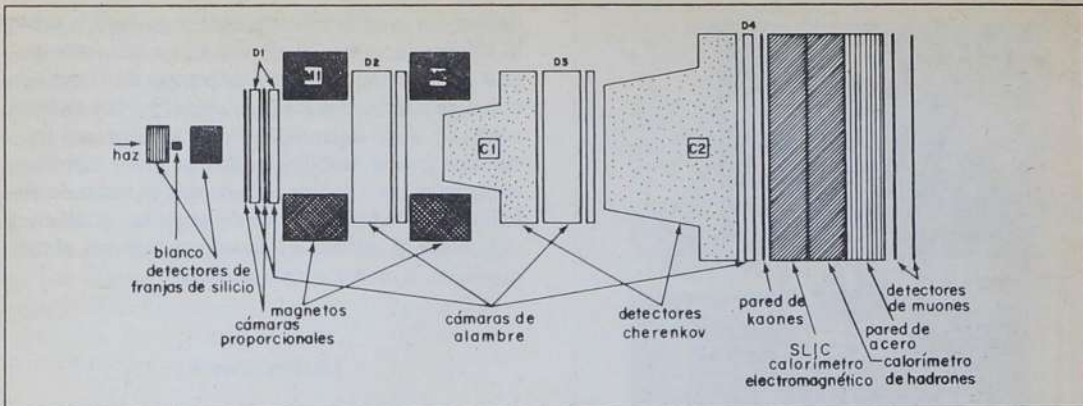
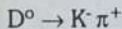


Fig. 2. Representación esquemática del detector E791.

tícula incidente con el blanco se mueven de manera predominante en la dirección de la misma partícula incidente. Algunas de ellas atraviesan el detector, mientras que otras son inestables y decaen dentro de los 30 m de longitud del espectrómetro.

Las partículas en las que estamos interesados en este artículo decaen en una billonésima de segundo cuando aún no han salido del blanco. Viajan sólo una fracción de milímetro antes de decaer en otras partículas. Por ejemplo, el mesón  $D^0$  decae, como vimos anteriormente, en un kaón ( $K^-$ ) y un pión ( $\pi^+$ ) es decir,



El  $K^-$  y el  $\pi^+$  vuelan entonces a través del detector que se dedica a discernir las propiedades de estas partículas secundarias: su masa, su energía y su momento. Las partículas pasan a través de 17 detectores de franjas de silicio que determinan de manera muy precisa la dirección de su movimiento después de la interacción (Figs. 1 y 4).

Usando la posición registrada en el detector de franjas de silicio es posible reconstruir la trayectoria de la partícula para ver si fue producida en la interacción de la partícula incidente con el blanco o si se trata de partículas secundarias producto del decaimiento de otra partícula. A un grupo de trayectorias que converjan en un punto cerca de la línea de movimiento de la partícula incidente se les considera como productos de la primera interac-

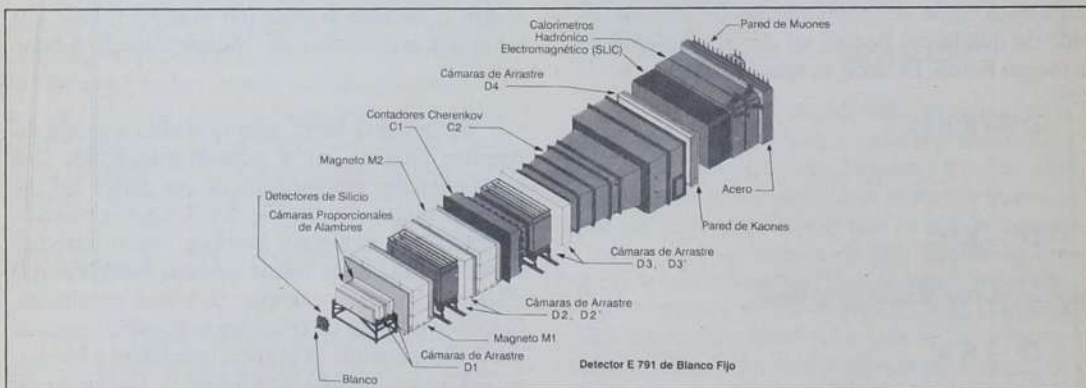


Fig. 3. Detector utilizado en el experimento E791 en el Fermilab.

ción. Las trayectorias que no se aproximen a la trayectoria de la partícula incidente se consideran como candidatos a partículas producto del decaimiento de otra.

A lo largo del espectrómetro se encuentran intercalados detectores conocidos como cámaras de arrastre<sup>2</sup>. Las cámaras de arrastre son dispositivos de medición de la posición y operan de manera conjunta con dos magnetos. Con ellas es posible determinar los puntos por los que la partícula pasa con una precisión de fracción de milímetros. Hay 35 planos de cámaras de arrastre en el espectrómetro. Los dos magnetos deflexan las trayectorias de las partículas cargadas al pasar por ellos. La curvatura de la trayectoria de la partícula cargada al atravesar el campo magnético está relacionada con su momento o impulso. Como conocemos el campo magnético y podemos determinar el cambio en la dirección de movimiento de la partícula inducida por los magnetos, su momento puede ser determinado.

Dos detectores conocidos como contadores Cherenkov son empleados para determinar las masas de las partículas cargadas. Las partículas cargadas al pasar por el gas contenido en el contador emiten luz Cherenkov, de ahí el nombre de este tipo de contador. La luz Cherenkov es aquella que las partículas emiten en un medio cuando viajan a una velocidad mayor que la de la luz en ese medio. Los fotones Cherenkov son reflejados por una serie de espejos y detectados por tubos fotomultiplicadores. La energía de las partículas, que interactúan principalmente de manera electromagnética, se mide en el SLIC (*segmented lead interleaved calorimeter*). Las partículas cargadas que ya han pasado a través de los detectores de silicio, de las cámaras proporcionales y las cámaras de arrastre así como los contadores Cherenkov y magnetos, pueden alcanzar eventualmente el SLIC donde muchas de ellas son detenidas. En este momento liberan energía en el detector al crear otras partículas nuevas. Estas partículas se detienen en el SLIC, pero a su paso producen luz que puede ser detectada. El calorímetro ha sido calibrado de tal manera que podemos conocer la energía de la partícula incidente a partir de la cantidad de luz emitida.

Las partículas cargadas que pasan a través

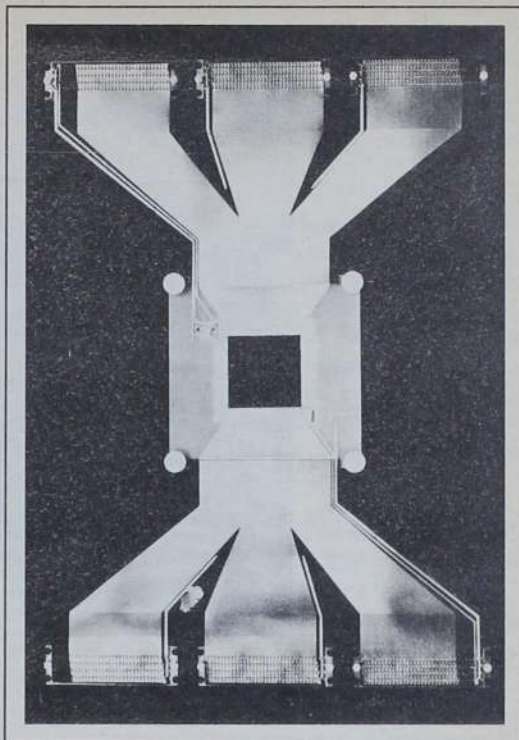
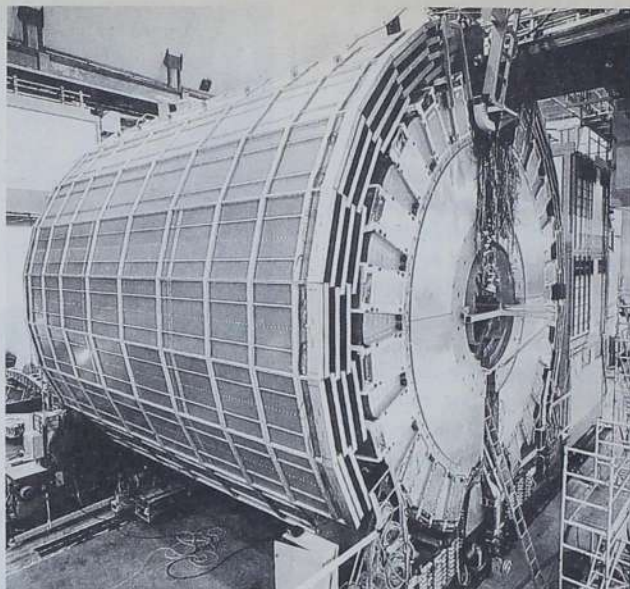


Fig. 4. Detector de franjas de silicio. El cuadro central es la parte sensible del detector; la extracción de señales se lleva a cabo a través de las conexiones mostradas.

del SLIC sin ser afectadas y que son capaces de interactuar fuerte más que electromagnéticamente entran al calorímetro hadrónico (hadrómetro). Este aparato realiza la misma función que el SLIC; su propósito es determinar la energía de las partículas incidentes que han escapado la detección en el SLIC.

Muy pocas partículas pueden pasar a través de todo el detector y llegar hasta una pared de acero que se encuentra casi al final. Los muones ( $\mu$ ) son el tipo de partículas capaces de atravesar esta pared sin interacción. Una "pared de muones" se encuentra inmediatamente después de la pared de acero con el propósito de detectar el paso de los muones. Las partículas pasan a través de un plástico centellador que produce luz cuando una partícula atraviesa su espesor de aproximadamente 1 cm. La luz es detectada por fototubos en los extremos del plástico.



## Registro de datos

Sólo aquellos eventos que son de interés en cada uno de los detectores descritos antes debe ser almacenada en cinta magnética. La selección apropiada de eventos relevantes es función del sistema de *trigger* o disparador.

Este sistema disparador puede reducir la gama de eventos almacenados, en principio, sólo a los eventos que contienen *encanto*, pero debido a limitaciones de computación esto tampoco se hace. El tiempo típico para analizar un evento y determinar si contiene partículas con encanto o no es de un segundo.

Ya que sólo algunas de las partículas incidentes producen eventos interesantes, intentar registrar cada evento completamente antes de escribirlo en cinta tomaría varios millones de años. Además, ya que no existen señales características que delaten la presencia de partículas encantadas, el experimento E791 basa su sistema disparador en el hecho de que, cuando partículas encantadas decaen, producen otras partículas que tienen en promedio un momento perpendicular a la línea del

haz más alto que las partículas que no han sido creadas en decaimientos de partículas encantadas. Este disparador produce una amplificación cercana a tres en la razón de eventos que contienen *encanto* respecto a los que no contienen *encanto*, esto es más de lo que se esperaba sin disparador.

Una vez que el *disparador* decide qué eventos serán almacenados permanentemente, el sistema de adquisición de datos registra el evento en cinta. Cada uno de los detectores envía información al sistema de adquisición de datos en forma de pulsos eléctricos que son procesados a través de electrónica dedicada para amplificación, digitalización, etc. Una vez que esta información es registrada por el sistema de adquisición de datos, se envía a los módulos de cinta.

## Procesadores rápidos

En los experimentos de hadroproducción (en donde se utilizan hadrones para producir partículas) como el E791, se tienen razones de producción de partículas encantadas muy altas, pero tienen el defecto de que sólo unas cuantas de las miles de interacciones producen encanto. Este problema ha



sido resuelto recientemente con el uso de detectores de silicio de alta resolución, como fue descrito antes y por la existencia de potentes computadoras que manejan la gran cantidad de eventos registrados.

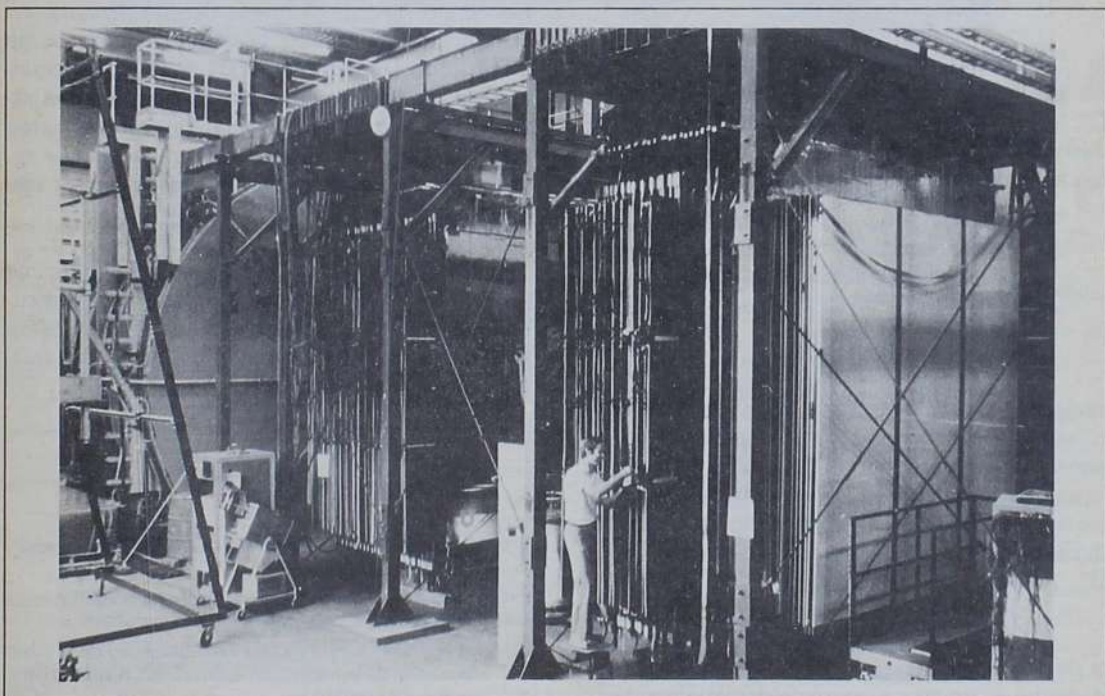
Los 20 mil millones de eventos registrados por E791 serán reducidos finalmente a algunos cientos de miles de eventos con *charm*. Las propiedades de estos eventos permitirán a los físicos de partículas probar el modelo estándar que ofrece una descripción adecuada de los fenómenos observados hasta ahora.

El programa de reconstrucción ha empezado recientemente a analizar 20,000 cintas de 8 mm donde se grabaron los eventos. Analizar todos estos datos en una computadora convencional se llevaría más de 200 años. Para evitar esto se están usando las llamadas granjas ACP, de más de 55 módulos de procesamiento en paralelo. Tales módulos proporcionan la potencia de cerca de 40 computadoras convencionales. Sin embargo, y aun con el uso de estos módulos, se requerirían

varios años para terminar la reconstrucción de los 20 mil millones de eventos. Para reducir este tiempo a aproximadamente un año se ha instalado un *filtro* en el programa de reconstrucción que determinará si un evento en particular garantiza ser interesante.

La reconstrucción produce cintas en las que se encuentra una lista de trayectorias (pendientes e intersecciones en el espacio tridimensional), la carga, el momento y la energía (hipotética) para cada partícula en cada evento. Con objeto de buscar el decaimiento  $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$  se toman los eventos de uno en uno y se seleccionan todas las posibles combinaciones  $K^- \pi^+$ . Aquellas combinaciones con determinadas características cinemáticas y/o dinámicas revelarán la presencia de tal decaimiento.

Son muchos los tópicos de investigación que serán estudiados una vez que los datos estén disponibles. El estudio cuidadoso de la mayoría de ellos podría arrojar resultados importantes e incluso alterar la manera como los físicos describen actualmente la estructura de la materia.

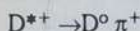


## Transformación de materia en antimateria

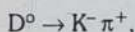
Como lo comentamos anteriormente, los mesones encantados  $D^0$  no son estables, se desintegran en una gran variedad de estados posibles. Esto significa que el experimentalista puede observarlos sólo por la reconstrucción de sus productos de decaimiento. A partir de los productos finales, que son los observados en el detector, se determina el estado inicial del decaimiento.

La clave para detectar las oscilaciones de materia en antimateria, es decir, la transformación de mesones  $D^0$  en mesones  $\bar{D}^0$ , radica en el hecho de que ambos mesones provienen del decaimiento de otro mesón con encanto, a saber, el mesón  $D^{*+}$ .

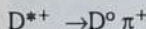
Esto puede ser descrito de la forma:



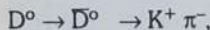
y, a su vez,



lo que significa que en el detector se observarán las tres partículas:  $K^- \pi^+$ , provenientes del mesón  $D^0$ , y  $\pi^+$  que procede directamente del decaimiento del mesón  $D^{*+}$ . Si el mesón  $D^0$  se transforma en  $\bar{D}^0$  la misma reacción será:



y luego el decaimiento



es decir, que en el detector se observarán las partículas:  $K^+ \pi^- \pi^+$ . El pión cargado proveniente del primer decaimiento (esto es del mesón  $D^{*+}$ ) revela la naturaleza del mesón  $D^0$ , y por tanto la presencia de dos piones con diferente signo en el detector mostrará que ocurrió una transformación  $D^0 \rightarrow \bar{D}^0$ .

Este método arrojará luz y dará prueba directa de la asimetría entre materia y antimateria, pero requerirá de un gran número de decaimientos para

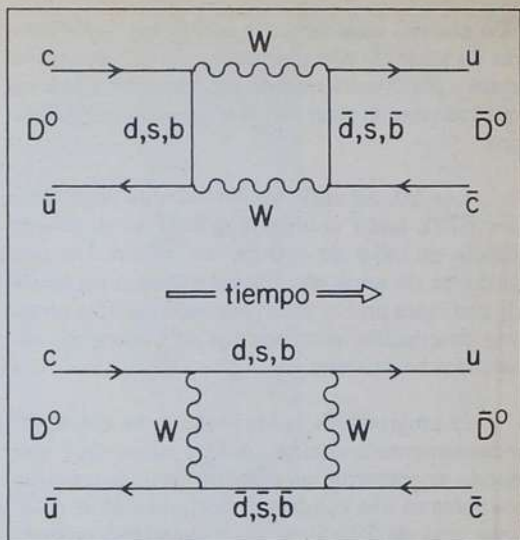


Fig. 5.

obtener una buena precisión.

El fenómeno de oscilaciones  $D^0 \leftrightarrow \bar{D}^0$  en el modelo estándar se describe en el diagrama de la Fig. 5. Este tipo de diagrama de caja conduce, en el momento de realizar el cálculo, a razones de transformación de mesones  $D^0 \rightarrow \bar{D}^0$  muy pequeñas, de tal manera que la observación de una razón grande descartaría al modelo estándar como teoría válida y confirmaría otros modelos que revolucionan nuestra actual manera de pensar respecto a los procesos físicos<sup>3</sup>.

El experimento E791, así como la próxima generación de experimentos, podrían hacer descubrimientos importantes acerca de la naturaleza fundamental de la materia y, consecuentemente, del universo que habitamos.

## Bibliografía

1. K. Peach y C. Sutton, "Imperfect mirrors of the Universe", *New Scientist*, Abril 1992.
2. G. Herrera, "G. Charpak: Detectores de partículas", *Avance y Perspectiva* 12 (1993) 49.
3. Véase también G. Herrera, "El descubrimiento de la transformación de la materia en antimateria", *Avance y Perspectiva* 10 (1991) 11.

## Avances de Ciencia y Tecnología

# Biología molecular de parásitos



### Esther Orozco

Los días 21, 22 y 23 del pasado mes de octubre se llevó a cabo el simposio sobre "Biología Molecular de Parásitos" en instalaciones de la UNAM y del Cinvestav. La Academia de la Investigación Científica de México y la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos promovieron esta reunión, que fue apoyada por el Instituto Médico Howard Hughes de Estados Unidos y por la UNAM y el Cinvestav de México. En ella, científicos de ambos países compartieron y discutieron su trabajo.

Cuatro aspectos de esta reunión podrían tomarse como muestra de lo que está sucediendo en el campo de la actividad científica en nuestro país: el alto nivel de los ponentes, avalado por el reconocimiento internacional de su trabajo; el interés del público que se mantuvo *in crescendo* durante los tres días del simposio; el ambiente de crítica directa en la ciencia y de cálida camaradería en la convivencia social, combinación imprescindible en una comunidad científica madura; y el número todavía reducido de grupos mexicanos que utilizan el enfoque molecular en el estudio de los parásitos.

La Dra. Esther Orozco, profesora titular del Departamento de Patología Experimental y Secretaría de Planeación del Cinvestav, obtuvo su doctorado en ciencias (Biología Celular) en el mismo Cinvestav. Su campo de investigación es el estudio de las bases moleculares de *Entamoeba histolytica*.

A pesar de que la ciencia en México ha vivido épocas difíciles, será sin duda muy estimulante para la comunidad científica saber que la calidad de las ponencias fue excelente, además de la presencia masiva de jóvenes estudiantes, interesados



te hipótesis para explicar a nivel molecular cómo dicho cisticerco se enquista en el músculo del huésped y evita su destrucción. Uno de los mayores retos que han enfrentado quienes trabajan en el campo de la biología molecular de parásitos ha sido la posibilidad de manipular *in vivo* el genoma de estos organismos, por medio de la introducción de genes heterólogos. Los trabajos de Diann Wirth y Steve Beverly, quienes son pioneros en esta área, demostraron que ya es posible la transformación genética de leishmania y tripanosoma.

El control del paludismo ha preocupado de manera importante a organismos internacionales, gobiernos e investigadores. En este simposio se expusieron las diferentes tácticas que se llevan a cabo para lograrlo. Tony James y José Ribeiro plantearon un enfoque con el que pretenden evitar la infección de los mosquitos por el parásito, manipulando el genoma de aquellos para que se transformen y rechacen a éste. Thomas Wellems, siguiendo otro camino, también molecular, mostró evidencias que explican por qué drogas que en otro tiempo fueron eficientes, actualmente ya no son efectivas en la lucha contra el paludismo. Sus resultados comprueban que ciertos genes del parásito, al expresarse, le confieren resistencia a drogas, como en el caso de plasmodium a cloroquina. Como complemento de una estrategia integral para combatir la malaria, escuchamos la apasionante historia de Ruth Nussenzweig, con sus éxitos y fracasos, en su larga y sostenida lucha para elaborar una vacuna contra el paludismo. Lo que aprendemos en unos de los protozoarios parásitos muchas veces nos sirve como guía para estudiar otros. Los trabajos sobre la autoinmunidad e inmunopatología asociadas con la infección por tripanosoma, presentados por Harvey Eisen (Univ. Washington) pusieron de manifiesto la importancia de que los estudios sobre parásitos contemplen la intrincada relación de éste con su huésped.

Se analizaron las técnicas sofisticadas de detección y purificación de proteínas significativas en la relación del parásito con su huésped, así como el aislamiento y amplificación de los genes que las codifican. Estos, incluidos en bacterias que después pueden crecerse en un matraz, son capaces de producir proteínas del parásito en grandes cantidades para aplicarlas como reactivos biológicos

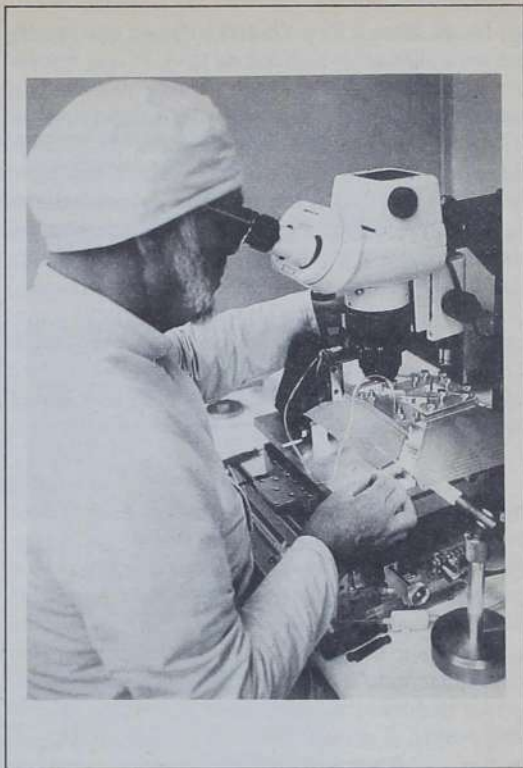
en escuchar de viva voz resultados experimentales obtenidos a partir de preguntas pertinentes sobre la biología de los parásitos. Las enfermedades parasitarias, junto con otras infecciosas, son uno de los azotes de los países pobres. En México son una de las principales causas de mortalidad y morbilidad infantil. El interés de los grupos de investigación científica mexicanos, y el de los jóvenes que inician su carrera en el campo, se sustenta en parte en esta estrujante realidad, que Adolfo Martínez Palomo (Cinvestav) magistralmente expuso en la conferencia de clausura del simposio.

Aunque no estuvieron todos, en este evento se reunieron investigadores que han abierto brecha en el campo de la parasitología celular y molecular por la originalidad de su investigación y la importancia de sus resultados. El trabajo del grupo de Juan Pedro Laclette que condujo a la conclusión de que el antígeno B, (descrito en el cisticerco como de gran importancia en la relación huésped-parásito), es una paraiosina, originó una interesan-

de alta especificidad, que el huésped podrá reconocer como extrañas y reaccionar ante ellas, protegiéndose y previniendo la invasión por el patógeno. Una estrategia limpia, bella y directa para elaborar vacunas baratas y específicas que no ha llenado las expectativas planteadas, pero que, sin embargo, ha producido un gran avance en el conocimiento de la biología de estos organismos.

Nuestros jóvenes estudiantes tomaron una lección que nosotros hemos aprendido a través del tiempo en el laboratorio. Lo que parece algo tan simple, como trazar en un mapa con una regla y un lápiz rojo el camino para llegar a Xochimilco desde Zacatenco, nos lleva, en la práctica, a lugares inesperados y a veces a callejones sin aparente salida. Después de varias décadas de explosión de la biología molecular no se ha podido elaborar ninguna vacuna contra parásitos, a pesar de la inteligencia, las horas de trabajo y los millones de dólares que se han invertido para ello. Sin embargo, por fortuna, la obsesión por entender las causas que han retardado el éxito de esta tarea ha sido transmitida a los jóvenes investigadores, quienes destacaron su presencia en el evento con ponencias de calidad; tal es el caso de Mario Alberto Rodríguez (Cinvestav) y de Eva Sciutto y Pascal Herion (IIB-UNAM).

¿Qué reflexión se puede hacer sobre el hecho de que, a pesar de los esfuerzos realizados, la primera vacuna contra parásitos parece estar aún lejos? Esto podría desalentar a quienes no están cotidianamente en el quehacer científico. Pero la historia de la biología molecular de los parásitos se parece a la de las otras áreas del conocimiento. Durante la carrera de relevos hacia las metas para conseguir mejores métodos de diagnóstico y producir vacunas, se han generado resultados experimentales que han cambiado conceptos tradicionales de la biología. Larry Simpson, Kenneth, Stuart, Nina Agabian y Barbara Sollner-Webb estudiando el RNA de tripanosoma, encontraron que esta molécula, hasta hace poco considerada una copia fiel del DNA, sufre modificaciones que incluyen la edición de su secuencia nucleotídica y que dan como resultado una versión final diferente del DNA que lo originó. Roberto Hernández también presentó sus estudios sobre la estructura y evolución del RNA ribosomal de tripanosoma, mo-



lécula de alta singularidad y dinamismo. Su participación fue un buen ejemplo de la competitividad internacional de ciertos grupos mexicanos. Sin embargo, es evidente también que el número de grupos de excelencia en México es reducido, por lo que se requieren acciones inmediatas para aumentarlos.

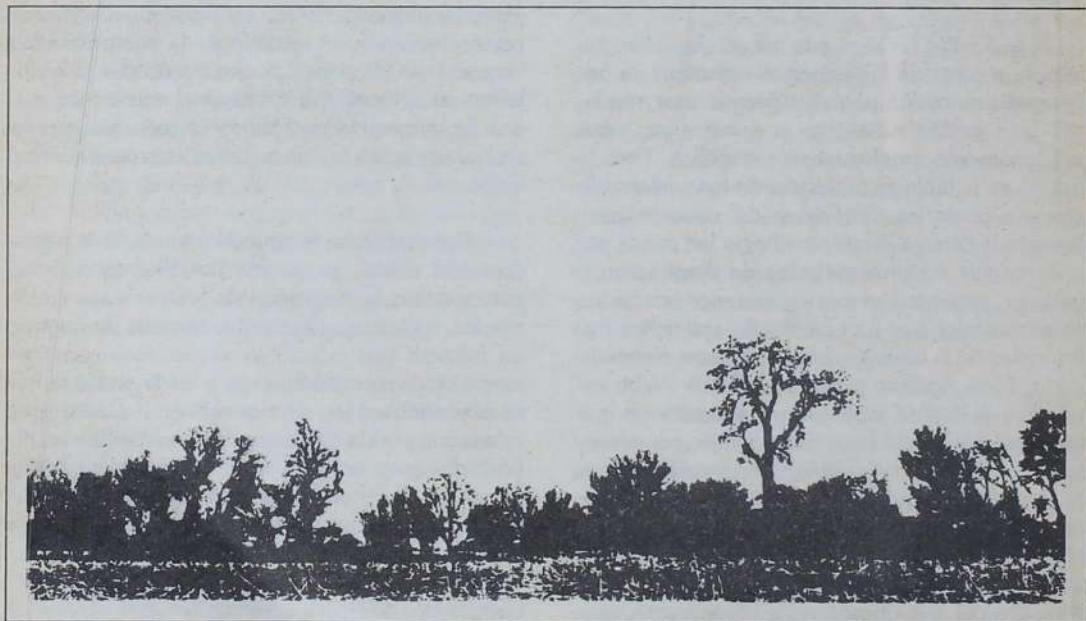
Por otra parte, la novedosa teoría de la reproducción clonal, propuesta por Francisco Ayala para explicar la diversidad de los parásitos protozoarios, sugiere que éstos son capaces de originar un número casi infinito de organismos genéticamente diferentes, desafiando a las leyes de la herencia establecidas. Personalmente, pienso que esta teoría podría explicar en buena medida las dificultades para producir vacunas contra parásitos. La amiba, por ejemplo, al reproducirse genera individuos genéticamente diferentes, quizá por un mecanismo de recombinación homóloga por intercambio desigual, el cual provoca cambios en la secuencia del DNA de los trofozoitos. Los resultados

de Isaura Meza y Paul Lizardi sugieren que la amiba tiene diferentes círculos de DNA, lo que apoyaría la diversidad molecular de este parásito. La variabilidad antigénica en guardia demostrada por Theodre Nash, y los experimentos de George Cross en tripanosomas, apoyan también esta hipótesis. Los estudios sobre genética de poblaciones que está realizando David Sibley en toxoplasma, deberán llevarse a cabo en otros protozoarios para demostrar su alta variabilidad. No es aventurado predecir que, una vez que se comprendan los mecanismos moleculares que dan lugar a la diversidad de los protozoarios parásitos, podremos plantear estrategias más seguras para la elaboración de vacunas.

La generación del conocimiento y su posible aplicación a la resolución de problemas específicos es un camino que asciende en espiral. En la búsqueda de métodos de diagnóstico y vacunas, hemos aprendido cosas fascinantes sobre la biología de los parásitos. Sabemos que estos pequeñitos en la lucha por la sobrevivencia de su especie han coevolucionado con el huésped, seleccionando caminos singulares para expresar sus moléculas. En esta espiral, el conocimiento de los finísimos y elegantes mecanismos escondidos en las profundida-

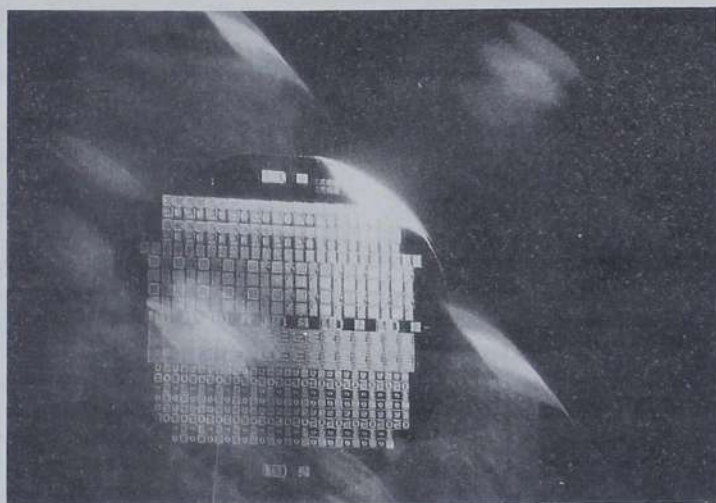
des moleculares de los protozoarios permitirán, gracias a la creatividad científica y al avance de la tecnología, el diseño de estrategias que lleven a la erradicación de estos seres intrigantes y sofisticados.

Mientras tanto, los científicos mexicanos seguiremos esforzándonos para hacer cada vez mejor ciencia y para formar investigadores que puedan colocarse en la línea de fuego a nivel internacional. Por su parte, las instituciones comprometidas con estos quehaceres deben, a su vez, llevar a cabo acciones para garantizar tanto la continuidad de los grupos ya consolidados como el asentamiento de grupos nuevos y la formación de investigadores capaces de realizar investigación científica de excelencia, en laboratorios bien equipados y con suficiente personal de apoyo. Para esto es fundamental el apoyo de CONACYT y del gobierno federal. A los jóvenes que han elegido el camino de la ciencia se les debe dar la certeza de que si ellos dan lo mejor de sí mismos, tendrán los espacios adecuados y los recursos necesarios para transformar sus ideas en resultados experimentales. Asimismo, debe garantizárseles un nivel de vida acorde con la importancia de su tarea, que les evite la tentación de irse a otros países que ya han logrado lo que el nuestro todavía no.





## Retos de la ciencia y la tecnología en México



### *Ciro Falcony*

Ante los actuales retos de apertura económica y política que vivimos a nivel internacional es cada vez más importante impulsar el desarrollo de una ciencia y una tecnología propias en nuestro país. Resulta muy alentador que nuestros representantes en el poder legislativo tengan interés y disposición de poner en marcha políticas que coadyuven en esta dirección. Hoy en día, las políticas nacionales muestran una pendiente positiva hacia el logro de este fin, y es de considerarse la actitud de escuchar

y tratar de perfeccionar los mecanismos ya instrumentados para alcanzar dicho propósito.

La problemática de la ciencia y la tecnología en México se podría enfocar grosso modo en dos aspectos: el asociado a nuestros recursos humanos y el enlace entre medios académicos e industriales. En lo que respecta a los recursos humanos, es importante diferenciar el aspecto asociado con la formación de nuevos investigadores y con los investigadores ya formados, del otro asociado con el personal técnico de apoyo necesario para la realización de actividades científicas. En lo que respecta al personal académico, destacan las políticas actuales en el renglón salarial y de financiamiento que en cierta medida han logrado reducir la fuente principal de descontento en el medio. Sin embar-

.El Dr. *Ciro Falcony*, profesor titular del Departamento de Física del Cinvestav, es Presidente de la Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y Vacío. Este texto fue presentado el 20 de octubre de 1992 ante la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados.

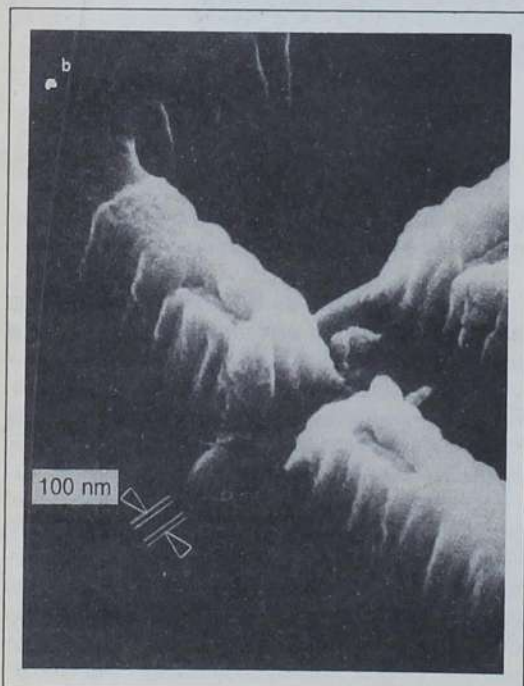
go, existe aún la posibilidad de que las políticas en este renglón sean mejoradas. En particular, se requiere que las becas para estudiantes de posgrado, que actualmente equivalen a tres salarios mínimos para estudios de maestría y a cuatro para doctorado, sean incrementadas o complementadas en tal forma que permitan a los estudiantes de maestría y doctorado dedicar tiempo completo a sus actividades de formación académica. Asimismo, en el caso de los investigadores, aun cuando el Sistema Nacional de Investigadores ha permitido un desahogo de las necesidades económicas inmediatas, desde el punto de vista salarial existe inquietud porque las becas no incluyen los beneficios propios de toda profesión (tampoco contemplados dentro de las políticas actuales del Sistema Nacional de Investigadores), tales como primas vacacional y de antigüedad, préstamos y porcentaje que el gobierno aporta para los fondos del Sistema de Ahorro para el Retiro.

Uno de los problemas mayores con lo que nos encontramos hoy en día en la formación de recursos humanos es la carencia de incentivos y motivaciones para que un estudiante recién egre-

sado de la licenciatura decida continuar con sus estudios de posgrado, sobre todo si su capacidad intelectual es privilegiada. Esto en gran medida es un reflejo de la situación que priva en el medio mexicano debido a la falta de remuneración adecuada, así como los beneficios asociados a una profesión respetable y la carencia de una continuidad efectiva en la interacción con la industria. En particular, este último aspecto abriría una nueva opción a las actividades científicas o docentes a las que actualmente está restringida la comunidad científica. Por ello resulta importante mejorar los lazos de interacción entre la academia y los medios industriales.

En relación al personal de apoyo técnico a las actividades científicas, este es un rubro que ha sido descuidado en las políticas actuales de impulso a la ciencia y tecnología. Como consecuencia, cada vez es más difícil contar con gente calificada, debido principalmente a la falta de competitividad salarial que tenemos en los medios académicos. Existen esfuerzos aislados para resolver este problema. Sin embargo, es necesario que se tomen medidas globales para estar en posición de resolverlo en forma definitiva.

Con referencia a la actual situación en las relaciones entre medios académicos e industriales, se han propuesto diversas aproximaciones, entre las que vale la pena destacar la hecha por el actual director del Cinvestav, el Dr. Feliciano Sánchez Sinencio. En ella se plantea la creación de laboratorios industriales que permitan enlazar efectivamente a la industria y a los medios académicos dentro de una cadena que involucra a los medios gubernamentales como un eslabón más de interacción. Esta aproximación ha sido exitosa en otros países y es importante que se destinen mayores recursos al establecimiento de instancias de este tipo por parte de la industria, del gobierno o una asociación de ambos. Esta meta exigiría grandes recursos económicos, pero está probado que cuando un país integra estos laboratorios de manera eficiente su economía se desarrolla y se hace más competitiva, de manera que las utilidades terminan compensando ampliamente los costos de inversión a mediano y largo plazos. Este ha sido el caso de países como Corea, que en la década de los años 80 inició un programa auspiciado por el





gobierno a fin de crear una infraestructura científico-tecnológica que permitiera competir a este país con los gigantes industriales del continente asiático y, en general, del mundo entero.

Por otro lado, es importante remarcar la falta de información existente en los medios industriales mexicanos respecto de las actividades científicas. La ciencia como un todo no solamente consta de investigaciones a corto plazo, sino que existen actividades científicas de posible aplicación a mediano plazo, así como actividades de investigación básica que, en términos generales, si llegaran a tener una aplicación, sería a largo plazo. Esta última actividad, aun cuando en apariencia es la que menor conexión tiene con el desarrollo tecnológico, ha permitido a través de los años grandes avances científico-tecnológicos, la identificación de problemas trascendentes, así como la planeación adecuada que al final redundará en innovaciones tecnológicas de gran importancia. Esto es de primordial interés, ya que tal aspecto es el que ha diferenciado a las llamadas potencias del primer mundo del resto de los países en vías de desarrollo. Por otro lado, los medios industriales mexicanos difícilmente están dispuestos a invertir en forma considerable en este rubro, aun cuando reconozcan su importancia. Es probable que en este aspecto destaque el que las políticas gubernamentales de apoyo a la ciencia consideren mecanismos para estimular a la industria a proporcionar un

apoyo dirigido a fomentar este rubro. En países desarrollados esto se ha logrado mediante incentivos fiscales y una serie de facilidades, como fondos especiales para impulso de programas de investigación aplicada de interés estratégico, que involucra la creación de centros multidisciplinarios enfocados a la investigación y desarrollo tecnológico dentro de las universidades que decidan participar en tales programas. Todas estas medidas hacen atractiva la idea de apoyar las actividades científicas de investigación y formación de recursos humanos, sin pedir a cambio la solución inmediata de un problema específico que no necesariamente impulse las actividades científicas en una forma global.

A su vez, los medios científicos ignoramos con frecuencia la problemática a la que se enfrentan los industriales en México. Por ello sería importante establecer y fomentar mecanismos e intercambio de ideas entre académicos e industriales con la participación del gobierno para catalizar la solución a los problemas anteriormente planteados.

Señores Diputados, espero que esta exposición sea de utilidad para el desempeño de sus actividades y, a nombre de la Sociedad Mexicana de Ciencia de Superficies y de Vacío, deseo agradecer la oportunidad que me han brindado de estar hoy aquí con ustedes.



---

## Información para los autores de *Avance y Perspectiva*

---

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

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

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

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



### *La SEP asignó apoyo especial por N\$14.58 millones de nuevos pesos al CINVESTAV*



El Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, secretario de Educación Pública, anunció que el gobierno federal otorgó una partida presupuestal extraordinaria de N\$12.70 millones para ampliar la infraestructura y equipamiento del Cinvestav y de N\$1.88 millones para financiar proyectos conjuntos de investigación entre los investigadores del Cinvestav y del IPN. Con estos recursos extraordinarios el Cinvestav construirá edificios para el Centro de Documentación en Ciencia y Tecnología, el Sistema de Educación Continua y la Unidad de Ciencias Básicas para los Departamentos de Física y Matemáticas.

El Dr. Zedillo hizo este anuncio el 7 de diciembre de 1992 durante la ceremonia celebrada en el auditorio Arturo Rosenblueth del Cinvestav para hacer entrega de los primeros premios Arturo Rosenblueth 1989-1990 y reconocimientos a profesores del Cinvestav líderes en formación de nuevos investigadores. Los Premios Arturo Rosenblueth se otorgan a las mejores tesis de doctorado presentadas en el Cinvestav por estudiantes menores de 35 años en las áreas de las ciencias exactas y ciencias biológicas y de la salud. En esta ocasión, se entregaron los premios correspondientes a 1989 y 1990: Guadalupe Barbara Gordillo Román (Química), con la tesis "Análisis conformacional de ciclo hexanos y de 1,3-dioxanos sustituidos por grupos sulfuro, sufínilo y sulfonilo" dirigida por el Dr. Eusebio Juaristi; Dra. Lorenza Gon-

### Notas breves



El M. en C. **Olac Fuentes Molinar**, profesor titular del Departamento de Investigaciones Educativas del Cinvestav, fue nombrado Rector de la Universidad Pedagógica Nacional entre agosto y diciembre de 1992 y posteriormente, a partir del 6 de enero de 1993, subsecretario de Educación Básica de la SEP.



El Dr. **Gerardo Herrera Corral**, profesor titular del Departamento de Física del Cinvestav, recibió un apoyo económico del Fondo de Estudios e Investigaciones Ricardo J. Zevada y la beca Fulbright-García Robles para proseguir su trabajo de investigación dentro de la colaboraciones experimentales E791 y D<sup>0</sup> de física de altas energías, que se llevan a cabo en el Laboratorio Nacional Fermi (Fermilab) de los EUA. El apoyo del Fondo Zevada consiste en N\$15,000 y se otorga a investigadores menores de 35 años. Con la beca Fulbright-García Robles, el Dr. Herrera Corral realizará una estancia posdoctoral en el Fermilab a partir del 1 de mayo de 1993.

zález Mariscal y Muriel (Fisiología), con la tesis "Estudios sobre la formación de unión estrecha" dirigida por el Dr. Marcelino Cerejido; Dr. Alejandro Vizcarra Rendón (Física), con la tesis "Teoría de difusión de trazadora en suspensiones coloidales" dirigida por el Dr. Magdaleno Medina; Dr. Rogelio Arellano Ostoa (Fisiología), con la tesis "Regulación intracelular de las uniones comunicantes" dirigida por el Dr. Fidel Ramón Romero. Los premios Arturo Rosenblueth, que consisten en N\$3,000 para cada estudiante ganador y para su director de tesis, fueron generados a través de un fideicomiso creado con el patrimonio que cedió la familia del Dr. Rosenblueth al Cinvestav.

Los reconocimientos a profesores del Cinvestav que se han distinguido por ser líderes en la formación de nuevos investigadores, graduados en el programa de doctorado del Cinvestav, correspondieron al Dr. Jorge Aceves Ruiz (Fisiología, 7 estudiantes graduados), Dr. Marcelino Cerejido (Fisiología, 7 estudiantes graduados), Dr. Gabriel Guarneros Peña (Genética, 7 estudiantes graduados), Dr. Pedro Joseph Nathan (Química, 10 estudiantes graduados) y Dr. Feliciano Sánchez Sinencio (Física, 8 estudiantes graduados).



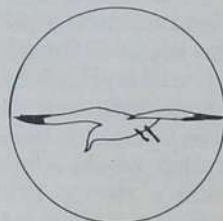
### **Hugo Aréchiga, Premio Nacional de Ciencias 1992**

El pasado 18 de diciembre, el Lic. Carlos Salinas de Gortari entregó el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1992 en el campo de las ciencias Físico-Matemáticas y Naturales al Dr. Hugo Aréchiga, profesor titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. Con esta distinción académica, son ya doce los profesores del Centro galardonados con el Premio Nacional de Ciencias y Artes en dicho campo: Dr. Arturo Rosenblueth (1966, Fisiología), Dr. José Adem Chain (1967, Matemática)

Fue elegido nuevo director de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la UAP (FCFM-UAP) el Dr. Humberto Salazar Ibargüen, quien obtuvo su doctorado en ciencias en el Departamento de Física del Cinvestav, por un período de cuatro años a partir del 1 de octubre de 1992. La FCFM-UAP ofrece cuatro programas de licenciatura Física, Matemáticas, Computación y Electrónica— y cuenta con una planta de 53 profesores —14 de ellos con doctorado—, que atiende a una población de 350 estudiantes.



El Servicio Internacional para el Logro de Aplicaciones Agro-biotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés), con sede en la Universidad de Cornell, EUA, apoyó económicamente un proyecto de colaboración con el Dr. Luis Herrera Estrella, profesor titular de la Unidad Irapuato del Cinvestav, para ampliar procesos biotecnológicos utilizados exitosamente contra los virus de papas estadounidenses —con patente desarrollada por Monsanto— a fin de proteger la variedad de papa mexicana que es responsable del 70% de la cosecha nacional. El propósito principal de este proyecto es ayudar a los agricultores mexicanos a incrementar su cosecha y reducir su dependencia en el uso de pesticidas.



cas), Q.B. Carlos Casas Campillo (1973, Biotecnología), Dr. Guillermo Massieu (1975, Neurociencias), Dr. Samuel Gitler (1976, Matemáticas), Dr. Jorge Cerbón Solórzano (1978, Bioquímica), Dr. Pablo Rudomín (1979, Fisiología), Dr. José Ruiz Herrera (1984, Genética), Dr. Marcos Rojkind (1985, Bioquímica), Dr. Adolfo Martínez Palomo (1986, Patología Experimental) y Dr. Pedro Joseph Nathan (1991, Química). El Dr. Aréchiga compartió el premio con el Dr. Francisco Bolívar Zapata de la UNAM.

El Dr. Hugo Aréchiga se incorporó al Departamento de Fisiología del Cinvestav en 1974 como profesor titular y ha sido responsable de la jefatura del departamento en 1978-1987 y 1990-1992. Es médico cirujano de la UNAM (1964) y doctor en ciencias (Fisiología, 1977) del Cinvestav. Su labor científica ha sido reconocida con el Premio de la Cámara de la Industria Farmacéutica (1975), el Premio de Investigación de la Academia de la Investigación Científica en el área de las ciencias naturales (1979), la beca Guggenheim (1981) y el Premio al Liderazgo Internacional de la Association for Policy, Research and Development in the Third World (1990). Además, ha presidido varias asociaciones científicas: Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas (1977-1979), Sección Mexicana de la Society for Neuroscience (1975-1978), Academia de la Investigación Científica (1990-1991), así como la vicepresidencia para América Latina de la Red de Organizaciones Científicas del Tercer Mundo (1990).

Las principales contribuciones científicas del Dr. Aréchiga están asociadas al estudio de los grupos neuronales del acocil, al análisis de los ritmos diurnos de actividad en el sistema nervioso, la regulación de la actividad neural aferente y la modulación hormonal de la actividad neuronal. El Dr. Hugo Aréchiga es Investigador Nacional, Nivel III, y formó parte de la comisión dictaminadora del Sistema Nacional de Investigadores en el área de las ciencias biológicas y de la salud (1984-1988). Ha publicado 64 artículos originales en revistas científicas y memorias de reuniones académicas; 38 artículos de divulgación y análisis de la actividad científica; ha sido editor de cinco memorias de reuniones académicas; y ha dirigido 6 tesis de doctorado, 13 de maestría y 6 de licenciatura. En la actualidad, el Dr. Aréchiga realiza una estancia sabática en la Facultad de Medicina de la UNAM, donde es responsable de la jefatura de la División de Estudios de Posgrado e Investigación.



El Dr. Saúl Villa Treviño, profesor titular del Departamento de Biología Celular del Cinvestav, está realizando su estancia sabática en el Instituto Nacional de Cancerología de la Secretaría de Salud. Tiene bajo su responsabilidad la jefatura de la División de Investigación Básica, integrada por una planta de 27 investigadores, donde se desarrollan nuevos métodos de diagnóstico y servicio del cáncer del cervicouterino y mamario, que son los de mayor incidencia en México.



Los doctores **Ciro Falcony e Isaac Hernández**, profesores titulares del Departamento de Física del Cinvestav, fueron elegidos presidentes de la Sociedades de Ciencias de Superficie y Vacío Mexicana y Latinoamericana, respectivamente.



## *Graduados entre septiembre y diciembre de 1992*

### **Maestros en Ciencias**

**Fermín Paul Pacheco Moisés.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioquímica. 7 de diciembre. Efectos electrostáticos como moduladores de la actividad hidrolítica de la fosfolipasa A<sub>2</sub>. Asesora: Dra. Marta Susana Fernández Pacheco. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

**Julio Alfredo Juárez Alvarez.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioquímica. 9 de diciembre. Papel del ambiente lipídico en la susceptibilidad del sustrato a la acción de la fosfolipasa A<sub>2</sub>. Asesora: Dra. Marta Susana Fernández Pacheco. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

**Juan Rodríguez Silverio.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioquímica. 10 de diciembre. Efectos de la densidad de carga de superficie externa de la membrana plasmática sobre la difusión facilitada de galactosa en el transporte activo de serina en levaduras. Asesor: Dr. Jorge Cerbón Solórzano. Se integró a la planta de profesores de la Universidad Central del Este en San Pedro de Macorís, Rep. Dominicana.

**Gregorio Serrano Luna.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Bioelectrónica. 7 de diciembre. Diseño y construcción de un amplificador para electromiografía de uso clínico. Asesor: M. en C. Ernesto Suaste Gómez.

**Mauricio Demetrio Carbajal Tinoco.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Física. 23 de octubre. Movimiento browniano a tiempos intermedios. Asesor: Dr. Bernardo José Luis Arauz Lara. Continúa su doctorado en el IF-UASLP.

**José Antonio Delgado Villegas.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 18 de noviembre. Sistema automático para el diseño de filtros de onda. Asesor: Dr. José Antonio Moreno Cadenas.

**Francisco Hernández Sánchez.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica.

13 de noviembre. Estructura de control robusta para sistemas no lineales muestreados. Asesores: Dr. Rafael Castro Linares y Dr. Jaime Alvarez Gallegos. Continúa su doctorado en la Universidad de Twente, Holanda.

**Miguel Quiroz de Gante.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 27 de noviembre. Simulador Montecarlo para evaluar la calidad de servicio telefónico (SECST) y aplicaciones en la planeación de RTPC digital. Asesores: Dr. Arturo Veloz Guerrero y Dr. Manuel Edgardo Guzmán Rentería. Es investigador analista de TEL-MEX.

**Moisés Antonio Fonseca Beltrán.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 7 de diciembre. Implementación de leyes de control no propias para sistemas lineales. Asesores: Dr. Moisés Bonilla Estrada y Dr. Jorge Antonio Torres Muñoz.

**Marcos Gómez Martínez.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Ingeniería Eléctrica. 11 de diciembre. Tarjeta maestra controladora para un sistema distribuido en microcontroladores de la línea 8051. Asesor: M. en C. Andrés Vega García. Es analista de sistemas en IBM de México.

**Celia Díaz Argüero.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Educación. 21 de octubre. La segmentación en la escritura. El caso de los clíticos en el español. Asesora: Dra. Emilia Beatriz María Ferreira Schiavi.

**Rogelio de Jesús Orozco Becerra.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 6 de octubre. Escenario computacional para el aprendizaje de la probabilidad y la estadística. Asesores: M. en C. Hugo Rogelio Mejía Velasco y M. en C. Carlos Armando Cuevas Vallejo. Se integró a la planta de profesores de la Universidad Pedagógica Nacional.

**José Jorge Hernández Constante.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 16 de octubre. Uso de la computadora para

introducir conceptos de comunicaciones electrónicas. Asesor: Dr. Eugenio Filloy Yagüe. Se reincorporó a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Coahuila.

**Salomón Urquiza de León.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 16 de octubre. La práctica docente y la investigación. Reflexiones sobre su vinculación. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Se reintegró a la planta de profesores de la Universidad de Guadalajara.

**Javier Douglas Beltrán.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 23 de octubre. Un estudio acerca del discurso matemático escolar: la serie de Taylor. Asesor: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza. Se reincorporó a la planta de profesores del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo.

**Isaías Aldaz Hernández.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 6 de noviembre. Algunas actividades de los mixes de Cacalotepec relacionadas con las matemáticas. Un acercamiento a su cultura. Asesora: M. en C. Elisa Bonilla Rius. Se reincorporó a la planta de profesores de la Universidad Pedagógica Nacional en Oaxaca.

**Jesús Estrada Cabral.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 6 de noviembre. Propuesta curricular para el programa de Matemáticas I del Instituto de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Asesor: M. en C. Carlos Armando Cuevas Vallejo. Se reintegró a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chih.

**Héctor Javier Herrera Serrano.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 10 de noviembre. Modelo didáctico para un curso de ecuaciones diferenciales ordinarias. Asesor: M. en C. Carlos Armando Cuevas Vallejo. Se reincorporó a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chih.

**María Elena Estevane Ortega.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 27 de noviembre. Un perfil del fracaso escolar

en cálculo en el nivel superior. Estudio de casos. Asesora: M. en C. Rosa María Farfán Márquez. Se reintegró a la planta de profesores del Instituto Tecnológico de Chihuahua.

**María Lesbia Concepción Morales Suárez.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 9 de diciembre. Elementos teórico-metodológicos en el diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la geometría en el bachillerato. Asesores: M. en C. Ignacio Garnica Doval y M. en C. Antonio Chalini Herrera.

**Jesús Alberto Cruz Rebolledo.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 3 de diciembre. Generalizaciones de las leyes de los exponentes: apoyo teórico-práctico para profesores de matemáticas de bachillerato. Asesor: M. en C. José Guzmán Hernández. Se integró a la planta de profesores del CCH- Azcapotzalco.

**José Rodrigo Chávez Guzmán.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 7 de diciembre. Un estudio explorativo de graficación en el área de ciencias en el nivel medio superior. Asesores: M. en C. Aurora Gallardo Cabello y M. en C. Vicente Carrión Miranda. Se reincorporó a la planta de profesores de la Escuela Preparatoria Federal de Parral, Chih.

**Jaime Kiwa Krystal.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 10 de diciembre. La sucesión de Fibonacci y la razón áurea como fuente para la enseñanza de la matemática. Asesor: M. en C. Antonio Rivera Figueroa. Se reintegró a la planta de profesores de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

**Máximo Jesús Ortega Domínguez.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 11 de diciembre. La serie de Taylor en la enseñanza de la cinemática. Asesores: Dr. Ricardo Arnoldo Cantoral Uriza y M. en C. Francisco Cordero Osorio. Es profesor del Instituto Tecnológico de Chihuahua.

**Raúl Meléndez Hernández.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 11 de diciembre. El gradiente, divergente y rotacional en el plano de las significaciones: estudios de casos con estudiantes de ingeniería. Asesor: M. en C. Francisco Cordero Osorio. Se reincorporó a la planta de profesores del Instituto Tecnológico de Chihuahua.

**Héctor Canales García.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. 10 de diciembre. El álgebra lineal aplicada al análisis estructural. Asesor: M. en C. Hugo Rogelio Mejía Velasco. Se reincorporó a la planta de profesores del Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo.

**Eleuterio Burgueño Tapia.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Química Orgánica. 19 de noviembre. Ciclisaciones de éteres metílicos de derivados naturales de la perezona. Asesor: Dr. Pedro Joseph-Nathan. Continúa su doctorado en el Cinvestav.

**Juan Antonio de Anda Montañez.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 4 de diciembre. Análisis bioeconómico de la pesquería de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) del Golfo de California, México, considerando la variabilidad en el reclutamiento. Asesor: Dr. Juan Carlos Seijo Gutiérrez. Se integró a la planta de investigadores del Instituto Nacional de la Pesca en Mazatlán.

**Susana Martínez Aguilar.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 4 de diciembre. Variabilidad del coeficiente de capturabilidad en la pesquería de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), del Golfo de California, México. Asesor: M. en C. Juan Francisco Arreguín Sánchez. Se incorporó a la planta de investigadores del Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán.

**Víctor Manuel Vega Villa.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 7 de diciembre. Determinación inmunoquímica de metalotioneínas (MT) en organismos acuáticos. Asesores: Dr. Gerardo Gold Bouchot y Dr. José Manuel Hernández Hernández.

**Ricardo Federico Muñoz Chagin.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 7 de diciembre. Estructura de la comunidad bentónica del Arrecife de Akumal, Quintana Roo, México. Asesores: M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero y Dr. Ernesto Aarón Chávez Ortiz. Es auxiliar de investigación en la Unidad Mérida del Cinvestav.

**Carlos Rafael Rojas García.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Marina. 15 de diciembre. Efecto de la exclusión de vitaminas y minerales en dietas experimentales para camarón (*Penaeus vannamei*) en cultivo semiintensivo. Asesor: M. en C. Miguel Angel Olvera Novoa. Es técnico en producción de Maricultivos de Costa Chiapas.

**Mario Martín González Chavira.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 9 de octubre. Detección de loci asociados con tolerancia a sequía usando marcadores genético-moleculares de DNA (RFLP's) en una población de familias S2 de maíz (*Zea mays L.*). Asesora: Dra. June Kilpatrick Simpson.

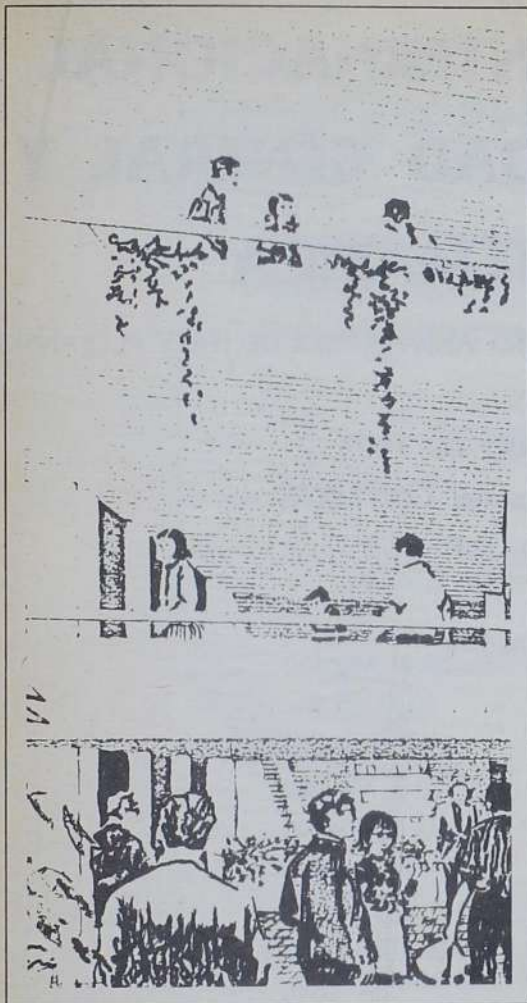
**Ma. de Jesús Alvarado Balleza.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 11 de diciembre. Efecto de factores bióticos sobre la nodulación de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) por cepas efectivas e inefectivas de *Rhizobium*. Asesor: Dr. Víctor Olalde Portugal.

**María Elena Valverde González.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 14 de diciembre. Estudios sobre la infección de *Ustilago maydis* (huitlacoche) y sus características alimentarias. Asesor: Dr. Octavio Paredes López.

**David Hernández López.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Biología Vegetal. 18 de diciembre. Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón de amaranto. Asesor: Dr. Octavio Paredes López.

**Martín Ignacio Pech Canul.** Maestro en Ciencias en la especialidad de Metalurgia no ferrosa. Caracterización de compuestos (Al Fe Mn Si) de aleaciones Al-Si. Asesores M. en C. Alfredo Flores Valdés y Dr. Manuel Méndez Nonell.





**Juana Silvia Mendoza Rodríguez.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Metalurgia no ferrosa. 9 de diciembre. Estudio de la influencia electroquímica de especies orgánicas en ánodos de Pb-Ag y en  $H_2SO_4$  en presencia de iones  $Zn^{2+}$  y  $Mn^{2+}$ . Asesora: Dra. Cecilia Montero Ocampo.

**Concepción Gómez Juárez.** Maestra en Ciencias en la especialidad de Biotecnología. 15 de diciembre. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por proteína texturizada de soya y concentrado protéico de girasol sobre algunas características reológicas y nutricionales en productos tipo pan blanco. Asesor: Dr. Rutilo Castellanos Molina.

## Doctores en Ciencias

**Antonio Morelos Pineda.** Doctor en Ciencias en la especialidad de Física. 23 de octubre. Medida de la polarización y momento magnético de los hiperones  $\Sigma^+$  y  $\Sigma^-$ . Asesor: Dr. Joseph Lach. Continúa su entrenamiento posdoctoral en el SSCLab, EUA.

**Jesús Alfonso Riestra Velázquez.** Doctor en Ciencias en la especialidad de Matemáticas. 7 de diciembre. Una fórmula generalizada de Taylor y ciertas de sus aplicaciones. Asesor: Dr. Juan José Rivaud Morayta. Se incorporó a la planta de profesores de la Sección de Matemática Educativa del Cinvestav.

**Juan Manuel Vargas López.** Doctor en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de Plantas. 20 de octubre. Desarrollo de procedimientos tecnológicos para la utilización de amaranto en la producción de harinas instantáneas. Asesor: Dr. Octavio Paredes López.

**Cuahtémoc Reyes Moreno.** Doctor en Ciencias en la especialidad de Biotecnología de Plantas. 26 de octubre. Endurecimiento del frijol común. Desarrollo de procedimientos para su prevención y cambios fisicoquímicos durante la reversibilidad de este fenómeno. Asesor: Dr. Octavio Paredes López.

**Deborah Lazard Saltiel.** Doctora en Ciencias en la especialidad de Patología Experimental. 11 de noviembre. Regiones genéticas variables con expresión diferencial en clones de *Entamoeba histolytica*. Asesora: Dra. María Esther Orozco Orozco.

**Francisco Arreguín Sánchez.** Doctor en Ciencias en la especialidad de Ciencias Marinas. 15 de diciembre. An approach to the study of the catchability coefficient with application to the red grouper (*Epinephelus morio*) fishery from the continental shelf of Yucatán, México. Asesores: Dr. Anthony Pitcher y Dr. Luis Antonio Capurro Filograsso. Se reintegró a la planta de profesores de la Unidad Mérida del Cinvestav.

# CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE RELATIVIDAD GENERAL Y FISICAMATEMATICA

PARA CELEBRAR EL SEXAGESIMO QUINTO ANIVERSARIO DE JERZY PLEBAŃSKI

2 Y 4 DE JUNIO DE 1993  
en las instalaciones del CINVESTAV  
México, D.F.

## CONFERENCISTAS

C.H. Boyer	U. New Mexico
F. Ernst	U. Clarkson
F. Estabrook	JPL
J.D. Finley	U. New Mexico
J. Goldberg	U. Syracuse
P. Havas	U. Temple
M. Moshinsky	UNAM
E.T. Newman	U. Pittsburgh
M. Przanowski	U. Lodz
I. Robinson	U. Texas
M. Rosenbaum	UNAM
M. Ryan	UNAM
J. Stachel	U. Boston
G. Torres del Castillo	UAP

## COMITE ORGANIZADOR

R. CAPOVILLA,  
A. GARCIA,  
T. MATOS

## INFORMES:

Ricardo Capovilla Física CINVESTAV  
Apdo. Post. 14-740 07000 México, D.F.  
e-Mail rcapovi@CINVESTAV.MX bitnet  
Fax. (+52) 5 754 6589, Tel. (+52) 5 754 0200 ext. 4256

Maestría y Doctorado

# BIOTECNOLOGIA DE PLANTAS



**Opciones:**

*Biotecnología y Bioquímica  
Ingeniería Genética  
(Doctorado únicamente)*

**Examen de admisión:** *Última semana de enero y agosto*

**Iniciación de cursos:** *Primera semana de febrero y  
septiembre (La maestría inicia en  
septiembre únicamente)*

**Informes:**

*Coordinación Académica  
CINVESTAV - IPN  
Unidad Irapuato  
Apartado Postal 629 36500 Irapuato, Gto.  
Tel. (462) 5 16 00 Fax. (462) 5 12 82*

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato  
Km 9.6 libramiento Salamanca-León Irapuato, Gto.



**CINVESTAV**



El Departamento de Bioquímica  
del CENTRO DE INVESTIGACION Y  
DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL I.P.N.

ENRIQUE JUAREZ AGUILAR  
Estudiante  
Depto. Biología Celular

OFRECE  
**MAESTRIA Y  
DOCTORADO**

en

**BIOQUIMICA**

LOS TEMAS DE INVESTIGACION  
QUE SE CULTIVAN SON:

- BIOFISICA DE MEMBRANAS
- LIPIDOS
- ENZIMOLOGIA
- NEUROBIOLOGIA MOLECULAR
- BIOQUIMICA VEGETAL
- FOTOSINTESIS
- INTOXICACION POR PLOMO
- BIOQUIMICA DEL DESARROLLO

**REQUISITOS:**

Para maestría: haber concluido el ciclo profesional de carreras médicas, biológicas, químicas o afines y aprobar los cursos propedeúticos que se imparten de AGOSTO a NOVIEMBRE. Cierre de inscripciones: 3ra. semana de Julio de 1993.

Los estudiantes serán apoyados en sus trámites de beca ante el CONACYT.

**INFORMES:** Coordinador Académico, Departamento de Bioquímica, CINVESTAV-IPN

Av. IPN No. 2508, Esq. Czda. Ticomán, Col. San Pedro Zacatenco 07360 ó al Apdo. Postal 14-740, México, D.F. 07000. Tels: 754 0200 y 752 0677 exts. 5213 y 5219 Fax: 754 6804