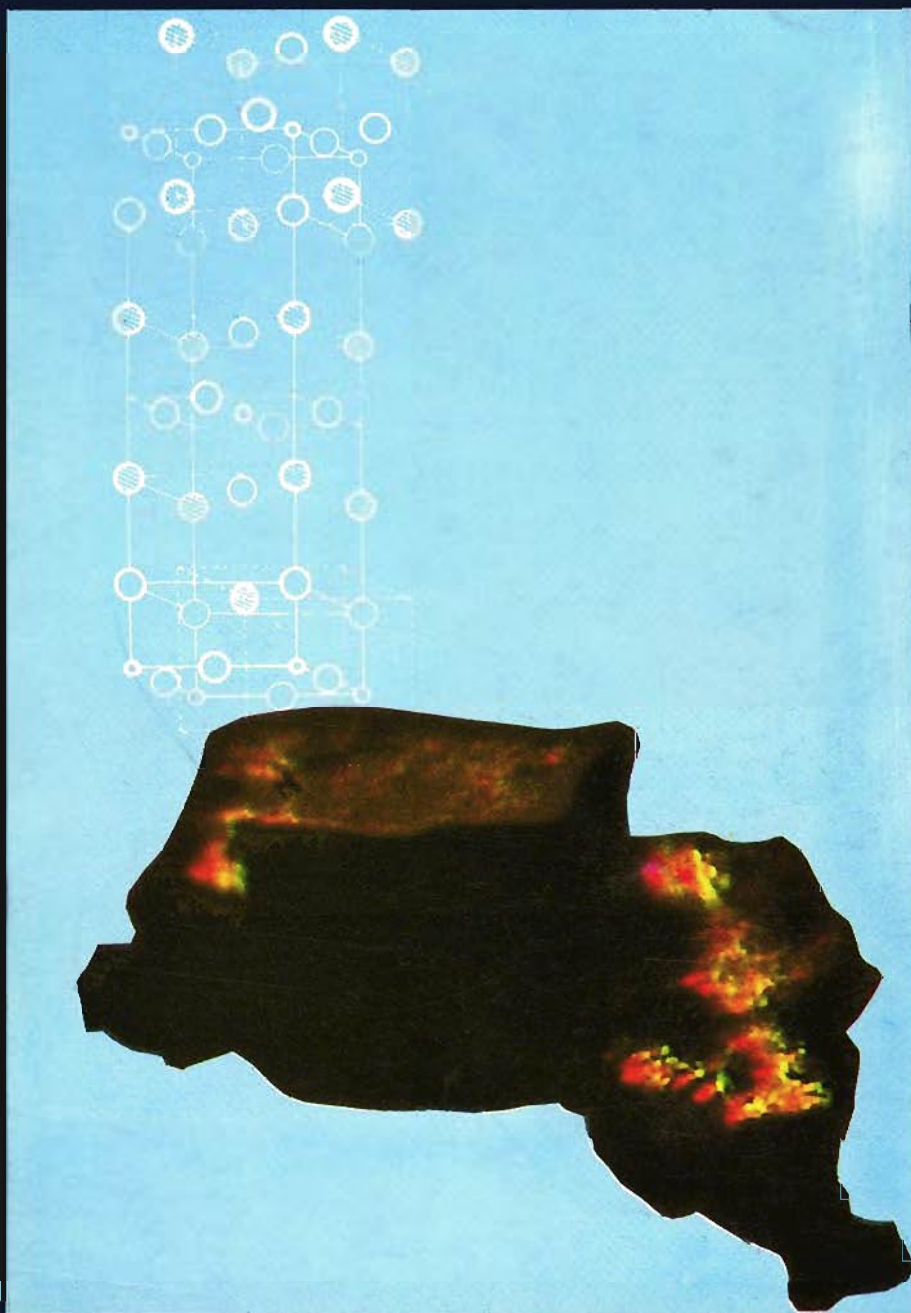


elementos



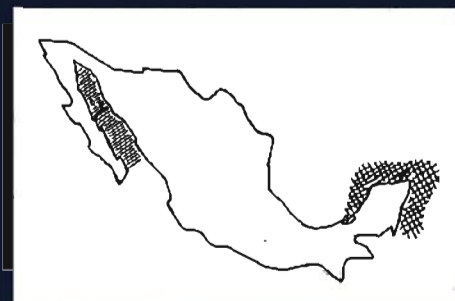
LA REVOLUCION DE LOS SUPERCONDUCTORES EN MEXICO



GIORDANO BRUNO Y LA MATEMATIZACION DE LA REALIDAD

CIENCIA Y MATERIALISMO II

LAS PARTICULAS FUNDAMENTALES Y SU ESTUDIO EN LA UAP



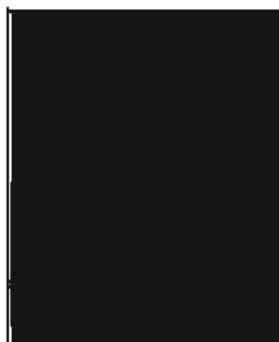
INDUSTRIALIZACION DEL *ALGA EUCHEMA SP.*

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

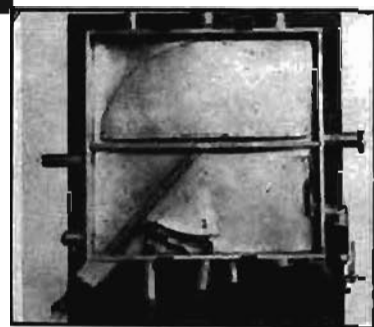
elementos

PALABRAS DEL DIRECTOR	2
CORRESPONDENCIA	4
ARTICULOS	
Las partículas fundamentales y sus aplicaciones, breve bosquejo histórico <i>Miguel Angel Soriano</i> <i>Enrique Barradas</i>	5
La teoría cuántica de campos <i>Mario Maya</i>	11
Aproximaciones a la matemática <i>Gerardo Alberto Garrido Natarén</i>	15
Cultivo piloto del alga roja <i>Euchema sp. cr.</i> México y su aplicación en la industria <i>Ricardo Pérez Enríquez</i> <i>Deneb Chavira Martínez</i> <i>Miguel Angel Vargas Téllez</i>	21
Materialismo y avance científico <i>Thomas A. Brody</i>	29
La primordialidad de la materia y la mecánica cuántica <i>Luis de la Peña</i>	39
Los antecedentes especulativos de la matematización de la realidad en Giordano Bruno <i>Carlos Mendoza Alvarez</i>	45
La revolución de los superconductores	57
• Entrevista con Rafael Baquero • Estado sólido, ciencia para el futuro • Oxidos superconductores • El nuevo mundo de la superconductividad	
OPINION	
La investigación en las universidades e institutos superiores <i>Carlos Weltri Chanes</i>	75
NOTICIAS Y NOVEDADES	80
AUTORES Y COLABORADORES	92

REVISTA TRIMESTRAL
No. 11 • Año 3 • Vol. 2
ABRIL – JUNIO DE 1987



México no debe quedar fuera de los cambios tecnológicos que se producirán por la revolución de los superconductores. La física tiene futuro y es el futuro de México. Entrevista con Rafael Baquero... p. 57.



Colaboraciones de la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas: Soriano, Barradas y Maya escriben acerca de las partículas elementales; Garrido sobre la matemática...pp. 5, 11 y 15.



Giordano Bruno representa una forma de frontera entre el pensamiento especulativo escolástico y la revolución renacentista que dio origen al mundo moderno... p. 45

PALABRAS DEL DIRECTOR

Cada uno de los números de *Elementos* tiene una personalidad propia; esto sucede por la inclinación del contenido hacia alguna disciplina en específico—añorando el trabajo de creación editorial propiamente dicho.

Lo que distingue al ejemplar que el lector tiene en sus manos radica en tres factores cuando menos: la publicación de artículos de profesores de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas (ECFM) de la UAP, la influencia filosófica o ideológica que ha alimentado el desarrollo de ésta escuela con el consiguiente efecto en la conformación general de la UAP y, por último, el debate en torno al problema de la fundamentación del materialismo y su práctica, de notable influencia en el acontecer histórico en la ciencia y, por tanto, en las principales universidades del país.*

A partir de este número contaremos con la presencia permanente de profesores e investigadores de la ECFM, colaboración imprescindible para mostrar objetivamente el estado que guarda la investigación y la enseñanza de la ciencia y la técnica en nuestra máxima casa de estudios; ha sido esta escuela el principal germen a partir del cual ha evolucionado la investigación científica.

* Los dos últimos factores los abordaré por separado en breve artículo, con la intención de dar pie a una discusión abierta, en nuestros espacios editoriales, para contribuir a la definición de las políticas universitarias de docencia e investigación.

Incluimos en esta ocasión dos colaboraciones referentes a una de las áreas de la física que ha atraído la atención de numerosos investigadores (y que, debido a su misma naturaleza, ha requerido de sofisticados y costosos equipos tecnológicos de investigación) para develar uno de los secretos mejor guardados de la naturaleza: la composición última o más íntima de la materia.

El tema es abordado por Soriano, Barradas y Maya, quienes hacen en primera instancia un breve recorrido histórico de los hombres y los momentos a través de los cuales la humanidad ha ido descubriendo diferentes partículas, llamadas elementales, cada vez más pequeñas así como las fuerzas o interacciones que se establecen entre ellas. Su estudio, como comenta Steven Weinberg, "constituye hoy el mejor modo, tal vez el único, de dar con las leyes fundamentales que rigen la naturaleza". A continuación se presenta una introducción a la teoría cuántica de campos; este artículo (que pertenece a la sección de artículos didácticos) hace hincapié en la electrodinámica cuántica, teoría fruto de la aplicación de la mecánica cuántica a los campos electromagnéticos —a finales de los años cuarenta— en cuya formulación toman parte tres elementos: la mecánica cuántica, la relatividad especial y las simetrías.

La herramienta principal de investigación que utiliza la física de altas energías para el estudio de los componentes de la

materia son los llamados aceleradores de partículas, de un costo económico tal, que ha requerido de esfuerzos coordinados de los países desarrollados con el objeto de poder financiar su construcción.

Los aceleradores existentes a la fecha son de dos tipos: los lineales y los circulares; como ejemplo del primer caso tenemos el acelerador lineal del laboratorio SLAC en Stanford, California, de tres kilómetros de longitud, y para el segundo caso los mayores aceleradores actuales son los del CERN en Europa, el de Serpujov en la Unión Soviética y el del laboratorio Fermi en Batavia, cerca de Chicago. Actualmente se estudia el proyecto para la construcción de tres gigantes aceleradores de partículas en la Unión Soviética, Europa y Estados Unidos que tendrán dimensiones de decenas de kilómetros. De estos tres aceleradores el más potente será el llamado "supercolisionador superconductor" que permitirá provocar *colisiones frontales* entre dos haces de protones, lo que dará la oportunidad de estudiar la estructura de la materia a una escala del orden de 10^{-17} cm, es decir, aproximadamente una diezmilésima parte del diámetro de un protón, así como permitirá alcanzar temperaturas comprendidas entre 10^{16} y 10^{17} grados kelvin y condensar la materia a una densidad 10^{15} veces mayor que la del protón; éstas son las condiciones supuestas que prevalecerían unos 10^{-14} segundos tras la explosión primordial. Cabe señalar que el costo de construcción de éste acelerador será de unos tres mil millones de dólares (que serían presupuestados en el año fiscal 1988 por el gobierno norteamericano).

He querido ilustrar las posibilidades y lo fascinante de esta

disciplina, para mostrar los enormes recursos invertidos por los países desarrollados en investigación científica en contraposición a la ignorancia, desdén y falta de voluntad en la realidad por parte del Estado mexicano a fijar como meta prioritaria de su política de desarrollo a la investigación tecnológica y científica, único camino para superar nuestra condición de subdesarrollo.

Como lo ha dicho Abdus Salam, premio Nobel por sus contribuciones a la física corpuscular —quien recientemente visitó nuestro país—: "Sufrimos (los países del tercer mundo) de una falta de ambición para adquirir ciencia, de un sentimiento de inferioridad hacia ella, bordeando algunas veces en la hostilidad."

Sin embargo, frente a tal incompreensión —cuando no apatía y desdén—, han surgido en nuestro país algunos grupos de investigación en física de partículas elementales que en base a su disciplina y talento han logrado establecer convenios con laboratorios extranjeros, en los que tienen acceso a las diferentes tecnologías de punta.

Por último, la cuestión aquí planteada agrega un punto a favor de la necesidad de una colaboración sistemática y estrecha entre el conjunto de los países latinoamericanos. A la fecha ninguno de los organismos de colaboración latinoamericana como el SELA, CEPAL o los diferentes consejos nacionales de ciencia y tecnología han establecido convenios, programas o acuerdos que en un momento dado puedan dar origen a institutos o centros de investigación latinoamericanos, con presupuestos multinacionales, que permitan hacer frente a la necesidad de grandes recursos financieros de algunas áreas de la ciencia de frontera o tecnología de punta.

Jesús Mendoza Alvarez



CORRESPONDENCIA

Todos podemos equivocarnos

En la sección Noticias de *Elementos* (núm. 9, vol. 2, oct-dic '86, p. 93), Gerardo Torres del Castillo nos informa acerca de una prueba de "la conjetura de Poincaré".

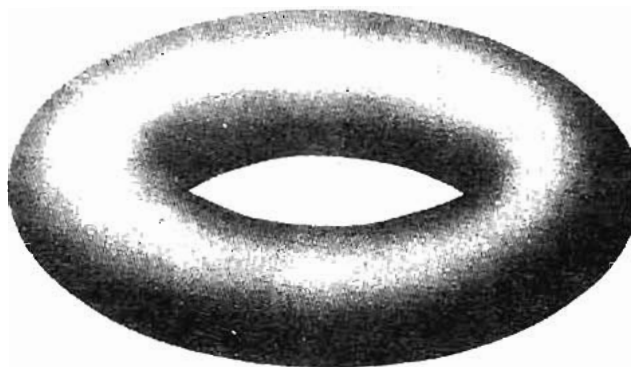
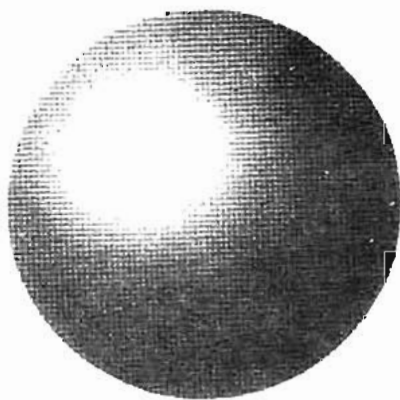
Desafortunadamente hay un error en la demostración, y los autores (Eduardo Rego y Colin Rourke de la Universidad de Warwick, G. B.) han tenido que retirarla. El error se descubrió en noviembre '86 durante una serie de seminarios dada por uno de los autores, Colin Rourke, en Berkeley para varios expertos del campo de topología de dimensiones bajas (en la cual estaba presente el autor de esta nota). Cuando Rourke lle-

gó a describir los últimos pasos de la "prueba", nos dimos cuenta que había un error en un diagrama (en la página 111 de un total de 115 páginas), que invalidaba el paso final.

Los autores han sido severamente criticados —no por haber cometido un error, porque muchos han hecho "demostraciones" equivocadas de esta conjetura—, sino por haberle dado tanta publicidad en periódicos, radio, televisión, etc., sin pasar por los caminos tradicionales: seminarios, notas, publicación en revistas especializadas, etc.

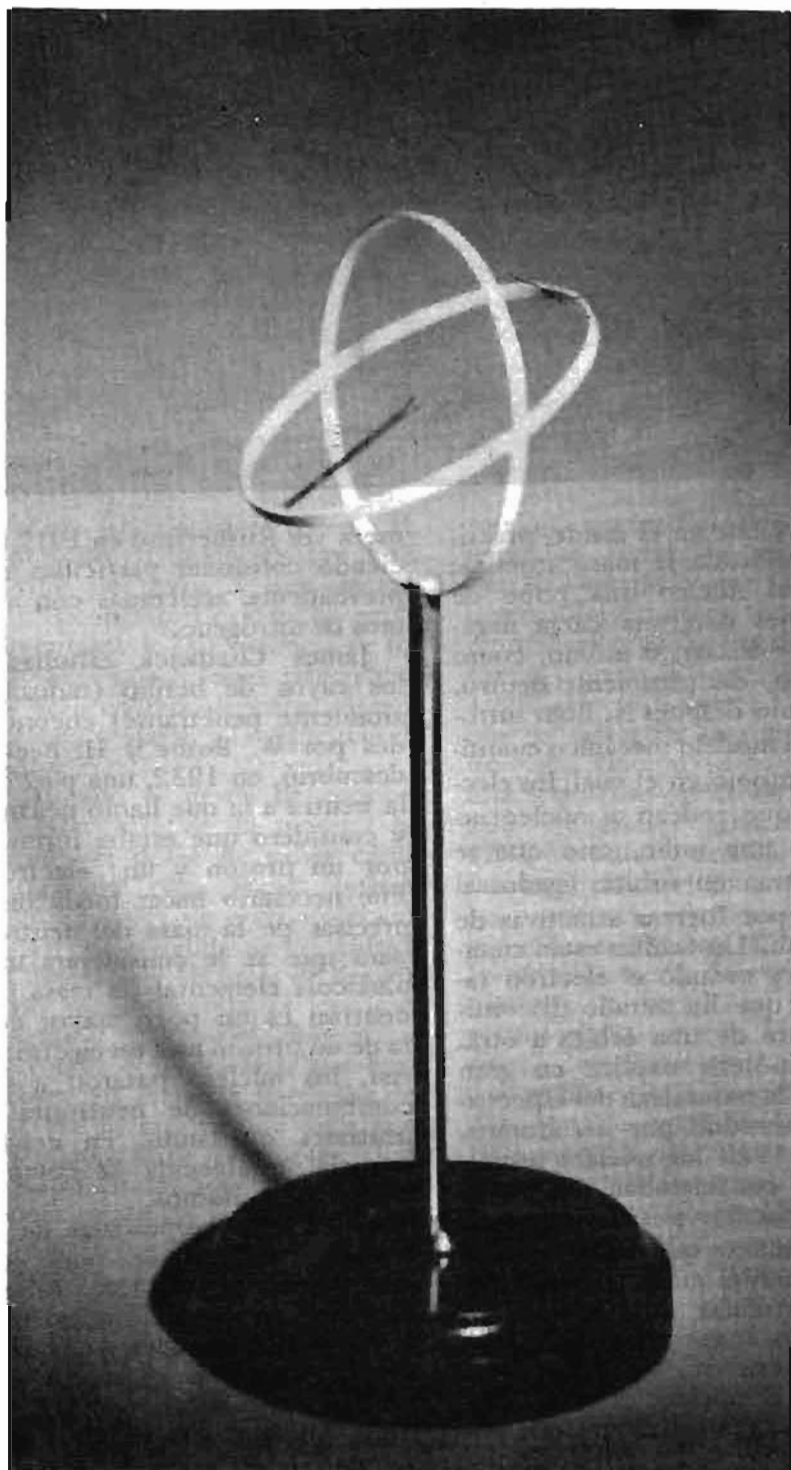
Uno puede decir que se quemaron por acelerados.

Dr. Hamish Short, Departamento de Matemáticas del ICUP.



Las partículas fundamentales y sus aplicaciones, breve bosquejo histórico

Modelo de un átomo de helio



Miguel Angel Soriano
Enrique Barradas *

El verdadero propósito que guía nuestros estudios experimentales y teóricos sobre las partículas elementales no es confeccionar una lista exhaustiva de ellas y sus propiedades. Antes bien, nos guían el afán de comprender los principios subyacentes que dictan por qué la naturaleza es como es. Nuestra experiencia demuestra que el estudio de las partículas elementales constituye hoy el mejor modo, tal vez el único, de dar con las leyes fundamentales que rigen la naturaleza.

Steven Weinberg

La composición última de la materia es y ha sido una incógnita desde tiempos remotos. Aproximadamente hace ya 25 siglos Leucipo y Demócrito plantearon "los cuerpos están formados por átomos eternos, indivisibles e incorruptibles, en perpetuo movimiento". Esta idea del átomo sobrevivió hasta nuestra época.

En el siglo XVII surgió la ciencia moderna que pronto desalojó a la antigua filosofía natural. Esta nueva ciencia no se asentaba en la especulación pura, sino en la experiencia y las matemáticas. Con ésta, la idea de átomo se convirtió en soporte de teorías cuantitativas de la materia.

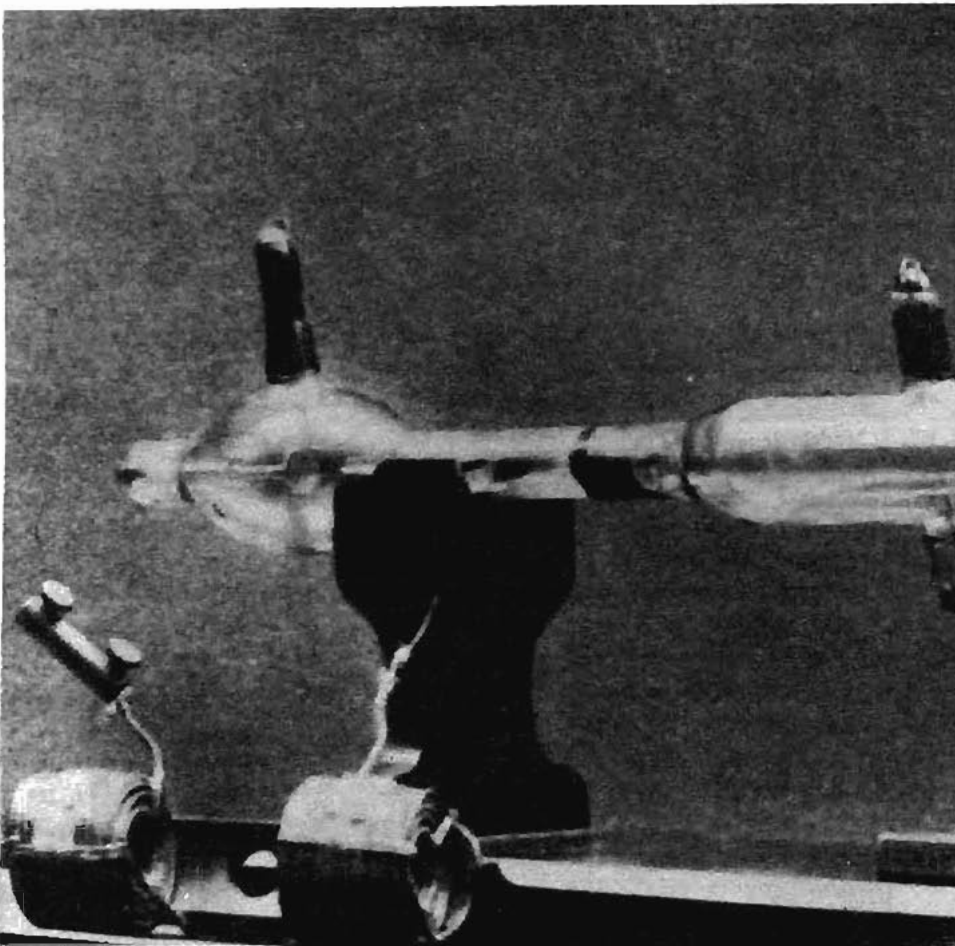
* Escuela de Físico-Matemáticas, UAP. Avenida Universidad y avenida San Claudio, C. U., C. P. 72570, Puebla, Pue.

Hasta el siglo XIX la teoría atomista pudo ser confirmada experimentalmente. Hombres como J. Dalton, J.L. Gay Lussac, A. Avogadro y J. J. Berzelius, por mencionar algunos, aclararon la constitución atómica de la materia, establecieron que está formada por átomos que, al agruparse, forman moléculas y que éstas a la vez se reagrupan para constituir estructuras mayores: los cuerpos que comúnmente observamos. Sin embargo, esta idea no era aceptada aunque la mayoría de los científicos estaban familiarizados con ella. Fue a principios del presente siglo, con los descubrimientos de los constituyentes del átomo, el electrón y el núcleo atómico, cuando hubo una aprobación general de la naturaleza atómica de la materia.

La indivisibilidad de los átomos no se pudo sostener. En 1815, William Prout concluyó que los átomos de todos los elementos químicos estaban formados por números enteros de alguna partícula fundamental que, él suponía, era el átomo de hidrógeno.

El electrón fue descubierto por J. J. Thomson en las investigaciones que realizó sobre la naturaleza de las descargas eléctricas en gases rarificados; en particular, sobre el tipo de descargas conocida por rayos catódicos. Los trabajos fueron publicados en tres artículos en 1897, en ellos escribió que los rayos catódicos están formados por una sola clase de partículas, con un único valor de masa y carga. Y además, que Prout estaba en lo cierto, pero que el hidrógeno no sería el "átomo" fundamental, sino una partícula más ligera, la del rayo catódico (G. J. Stoney fue quien llamó electrón a esta partícula en 1874).

Esta posibilidad de que los átomos estén compuestos condujo a buscar y plantear una serie de modelos atómicos. Fueron los trabajos de E. Rutherford sobre la difusión de las partículas alfa (núcleos de helio) al atravesar hojas delgadas de metal, en 1911, los que establecieron que un átomo está formado por un núcleo central, cargado positiva-



mente y que en él reside, prácticamente, toda la masa atómica; rodea al núcleo una nube de electrones con una carga negativa que hacen al átomo, como un todo, eléctricamente neutro.

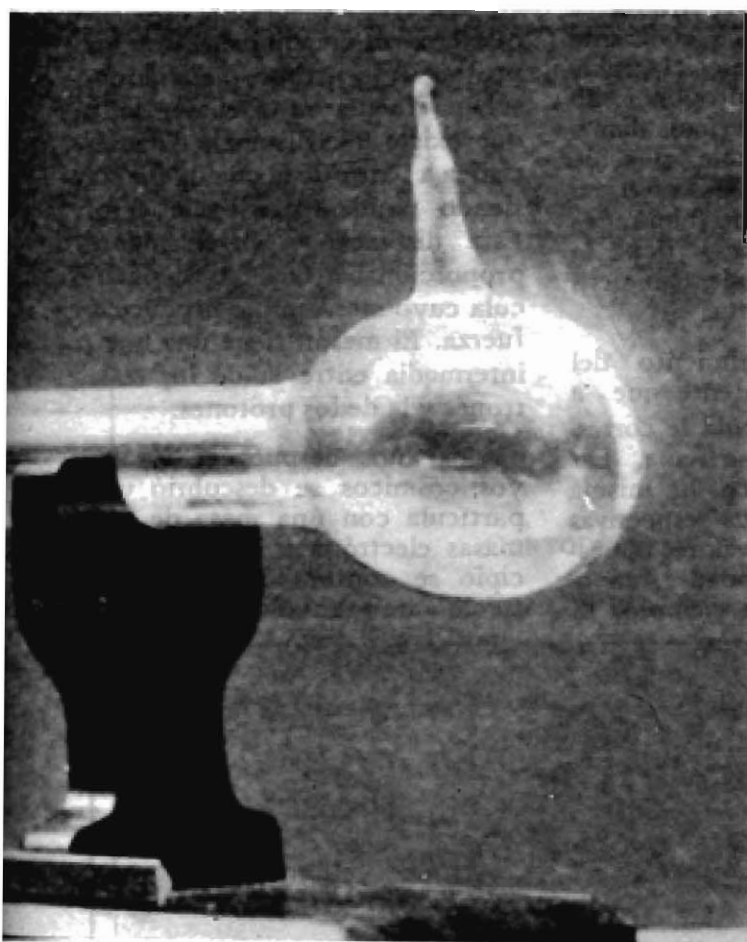
Un año después N. Bohr introdujo un modelo mecánico cuántico del átomo en el cual, los electrones que rodean al núcleo no forman una nube, sino que se encuentran en órbita, ligados al núcleo por fuerzas atractivas de Coulomb. Las órbitas están cuantizadas y cuando el electrón radía, es que ha saltado discontinuamente de una órbita a otra. Esta hipótesis explica en gran medida la naturaleza del espectro de luz emitido por los átomos.

Para 1920 los núcleos atómicos se consideraban formados por partículas pesadas cargadas positivamente que podían identificarse con el núcleo del hidrógeno, partículas que Rutherford llamó protones. Era necesario, para averiguar su naturaleza, romper el núcleo, es decir, desintegrarlo. Esto lo logró por pri-

mera vez Rutherford en 1917 haciendo colisionar partículas alfa previamente aceleradas con átomos de nitrógeno.

James Chadwick estudiando los rayos de berilio (radiación altamente penetrante) encontrados por W. Bothe y H. Becker descubrió, en 1932, una partícula neutra a la que llamó neutrón y consideró que estaba formada por un protón y un electrón. Fue necesario hacer mediciones precisas de la masa del neutrón para que se le considerara una partícula elemental (la masa del neutrón es un poco mayor que la de un protón más un electrón). Así, los núcleos pasaron a ser combinaciones de neutrones y protones quedando, en consecuencia, establecida la composición de los átomos.

El carácter corpuscular de la materia también se pone de manifiesto en la luz. Albert Einstein, en 1905, propuso que la luz podía considerarse formada por partículas: el cuanto del campo electromagnético (el fotón). Millikan en estudios del



Fotografía del aparato en que J. J. Thomson midió la relación e/m del electrón.

efecto fotoeléctrico y A. H. Compton en trabajos sobre la difusión de rayos X por electrones encontraron evidencias experimentales de la existencia de los fotones. Los fotones tienen masa cero en reposo, carga eléctrica nula y viajan a la velocidad de la luz.

Aunado al deseo de conocer la estructura de la materia ha estado el deseo de saber cómo interactúa ésta. Isaac Newton planteó la ley de gravitación universal con la ayuda de la caída de la manzana y las leyes de Kepler; esto es, unificando la mecánica celeste y terrestre al advertir que la fuerza o interacción que hace mover los planetas alrededor del sol era la misma que hace caer las manzanas de los árboles.

Otra interacción que ya se conocía desde los antiguos griegos, la electromagnética, en las propiedades del ámbar y la piedra imán, se desarrolló en su aspecto cuantitativo en los siglos XVIII y XIX. En 1785 Charles A. Coulomb publicó los resultados de sus estudios en la balanza de

torsión para medir la fuerza entre pequeñas bolas de médula de sauco. Descubrió que la ley del inverso del cuadrado se satisfacía de manera precisa para diferentes cargas y diversas separaciones. En 1820, H. Ch. Oersted advirtió que la aguja de una brújula se desviaba cuando se hacía pasar una corriente eléctrica por un hilo conductor próximo. En 1832 M. Farady descubrió las relaciones entre el magnetismo y las corrientes eléctricas y treinta y dos años después J. C. Maxwell formuló la teoría del electromagnetismo, unificando así los fenómenos eléctricos con los magnéticos y, mediante sus ecuaciones, que predicen la existencia de ondas, unificó también la óptica. La existencia de tales ondas electromagnéticas fue confirmada varios años después por H. Hertz.

Al comenzar el siglo presente J. Becquerel, Pierre y Marie Curie y otros descubrieron la radiactividad; placas fotográficas fueron grabadas por alguna clase de radiación que emergía de la materia. Investigaciones

posteriores identificaron un tipo de esta radiación como decaimiento beta; la emisión de un electrón proveniente de un neutrón del núcleo del átomo, convirtiéndose el neutrón en un protón. Al fin el sueño dorado de los alquimistas, convertir un elemento químico en otro parecía ser lo que estaba ocurriendo. Se observaba tan débilmente que se le llamó "fuerza nuclear débil". Históricamente las primeras interacciones débiles que se observaron fueron el decaimiento nuclear beta. Originalmente, la interacción débil fue descrita por Fermi (1934) en términos de una interacción puntual de contacto de cuatro fermiones (partículas con spin semientero que cumplen con la estadística de Fermi-Dirac) con intensidad constante, a la cual se le llamó constante de Fermi.

Finalmente, hablaremos de una cuarta interacción, la "fuerte". Al descubrirse que los núcleos atómicos estaban formados por protones y neutrones, se notó que si sólo existieran los tres tipos de interacciones señalados, los protones (debido a su carga eléctrica) se repelerían entre sí y el núcleo se rompería. Sin embargo, esto no sucede y los protones permanecen juntos, lo cual indica la existencia de una nueva fuerza, que debe ser más intensa que la electromagnética cuyo alcance es corto para mantener los protones y neutrones en el núcleo. A esta interacción, por sus características, se le denominó interacción fuerte.

La gravitacional es familiar para todos. Aun a la escala de masa y distancia que implica la física de partículas es, con mucho, la menos importante de las cuatro. Aparte de la gravitacional, la interacción electromagnética considera generalmente fenómenos extranucleares en la física y conduce a estados límites de átomos y moléculas. Las interacciones débiles son ejemplificadas por los procesos extremadamente lentos del decaimiento beta radiactivo del núcleo. Las interacciones fuertes están postuladas para mantener juntos los quarks (ver

más adelante) en un protón y sus efectos residuales, aparentemente, motivan las interacciones entre neutrones y protones, que son la fuerza de ligadura nuclear.

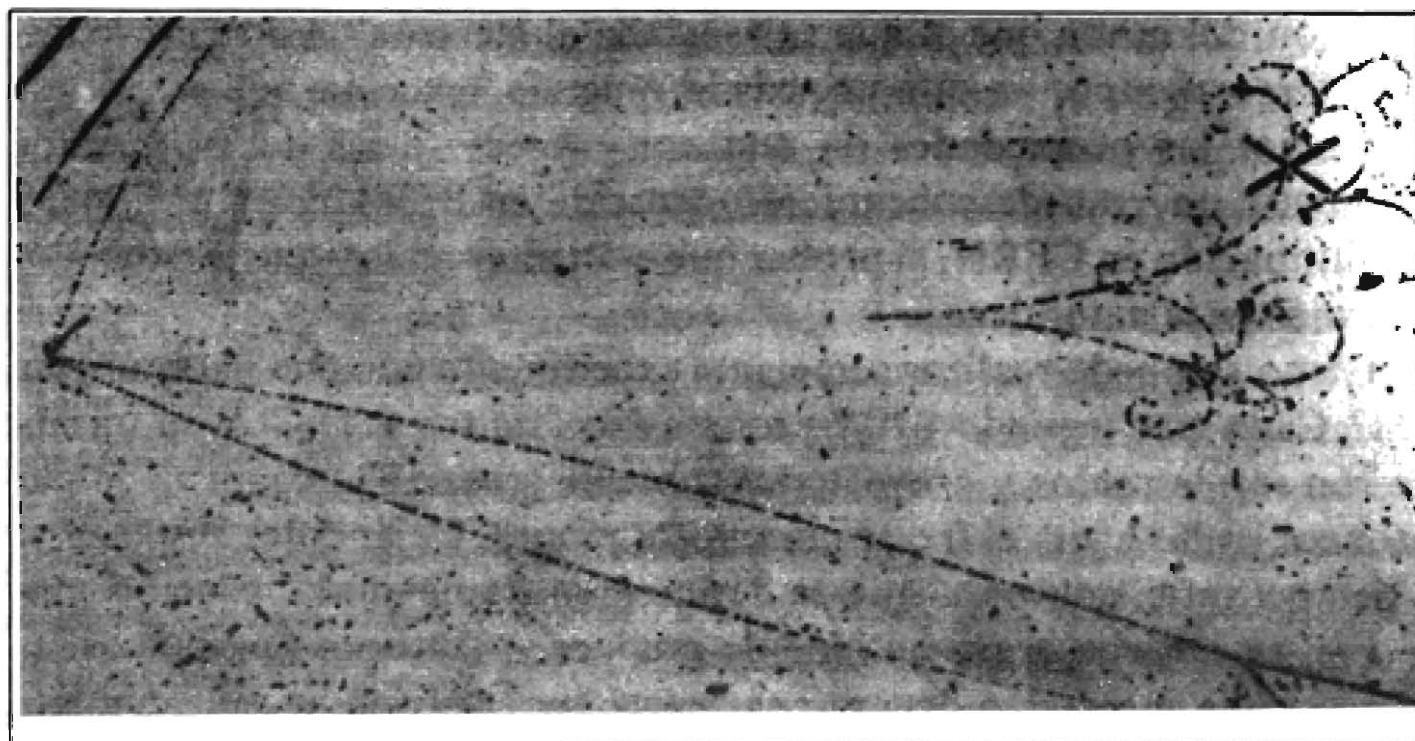
Como vemos en el párrafo anterior han sido observadas otras partículas, aparte de los constituyentes del átomo y la luz. En 1930 Wolfgang Pauli propuso que en la desintegración beta se emitía otra partícula además del electrón, que compartía la energía disponible dado que el núcleo radiactivo no salía con energía cinética definida, sino con un espectro continuo de energías, que iban desde cero hasta un valor máximo característico del núcleo emisor. La hi-

la mecánica cuántica coherente con la relatividad especial, trabajo que lo llevó a proponer, en 1930, una nueva partícula llamada positrón. Partícula que fue observada por C. Anderson en 1932, en experimentos con rayos cósmicos. El positrón tiene la misma masa que el electrón pero carga eléctrica opuesta.

Tras el descubrimiento del positrón, quedó patente que a cada tipo de partícula le correspondería su antipartícula. Las antipartículas tienen la misma masa y spin que sus respectivas partículas, aunque valores opuestos en otras propiedades, en la carga eléctrica por ejemplo. El

que eran intercambiadas por los protones y neutrones (generándose una fuerza entre ellas), dado que existe una distancia característica a partir de la cual la fuerza tiende rápidamente hacia cero. Esta distancia es inversamente proporcional a la masa de la partícula cuyo intercambio produce la fuerza. El mesón tiene una masa intermedia entre la de los electrones y la de los protones.

Dos años después en los rayos cósmicos se descubrió una partícula con una masa de 200 masas electrónicas. En un principio se confundió con la partícula de Yukawa pero en



potética partícula de Pauli pasó a ser conocida como neutrino: "la pequeña neutra". Por lo tanto el proceso de desintegración beta consistía en lo siguiente: el neutrón del interior del núcleo se convertía, espontáneamente, en un protón, un electrón y un neutrino (para ser exactos en un antineutrino). El neutrino es una partícula cuya masa no es mayor que 10^{-4} la masa del electrón y que es eléctricamente neutra. Fue observada por Clyde L. Cowan y Frederick Reines en 1955.

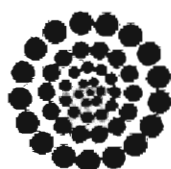
A finales de la década de 1920, P. A. M. Dirac desarrolló

positrón es la antipartícula del electrón; el antineutrino, emitido junto con electrones en la desintegración beta del núcleo rico en neutrones es la antipartícula del neutrino, emitido junto con positrones en la desintegración beta de núcleos ricos en protones, y el fotón, eléctricamente neutro, constituye su propia antipartícula. En 1955 se consiguieron antiprotones en el acelerador Bevatrón de Berkeley.

Al tratar de explicar la causa de la interacción nuclear Hidekei Yukawa, en 1935, planteó la existencia de los mesones, partículas

1945 otro experimento demostró que los mesones que predominan en los rayos cósmicos interaccionan muy débilmente con los neutrones y los protones. Este problema se resolvió en base a la surgerencia de que había dos tipos de mesones con masas ligeramente diferentes. El más pesado, el mesón pi o pion, interacciona fuertemente con protones y neutrones y contribuye a la fuerza nuclear de la manera prevista por Yukawa; el más ligero, el muon, interacciona débil y electromagnéticamente y no tiene nada que ver con la teoría de Yukawa. Esto

CONCURSO NACIONAL "NEWTON"



CONVOCATORIA

La Sociedad Mexicana de Física, el Planetario de Puebla y las revistas *Ciencia y Desarrollo* y *Elementos* convocan al Concurso Nacional "Newton" en el tercer centenario de la publicación del *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* conforme a las siguientes bases:

1. Presentación de un ensayo inédito de carácter divulgativo sobre "La obra de Newton y sus repercusiones en el mundo actual". El ensayo deberá estar escrito en español.
2. Los concursantes deberán enviar sus trabajos por cuadruplicado, escritos a máquina a doble espacio, en papel tamaño carta, por una sola cara, con una extensión máxima de 20 cuartillas a la Sociedad Mexicana de Física, Apartado Postal 70-348, 04510 México, D.F., o entregarlos personalmente en el local de la SMF.*
3. Los trabajos deberán enviarse firmados con seudónimo, adjuntando en un sobre separado la identificación precisa del autor indicando domicilio y teléfono.
4. El certamen queda abierto desde la publicación de esta convocatoria hasta el 2 de septiembre de 1987.
5. El jurado calificador estará integrado por distinguidos hombres de ciencia, historiadores y escritores cuyos nombres serán dados a conocer con oportunidad.
6. El acto de premiación se llevará a cabo el 28 de octubre de 1987, durante el Congreso Nacional de la SMF que se realizará en la ciudad de Mérida.
7. Las revistas *Ciencia y Desarrollo* y *Elementos* publicarán el trabajo premiado.
8. Habrá un premio único de 750,000 pesos y diploma.
9. A propuesta del jurado, se podrán otorgar una o más menciones honoríficas consistentes en diploma, un lote de libros, y posible publicación en las revistas *Ciencia y Desarrollo* y/o *Elementos*.

* En Puebla entregarlos en las oficinas de la revista *Elementos*, Av. Reforma 913, Planta alta. Tel. 46 80 67.

se verificó experimentalmente. Existen varias variedades de piones y muones.

Piones, protones y neutrones pertenecen a la clase de partículas conocidas por hadrones; se caracterizan porque sienten la interacción fuerte. Muones, electrones y neutrinos pertenecen a la clase de leptones que no interaccionan fuertemente pero sí lo hacen de una manera débil y electromagnéticamente.

Las partículas que se han mencionado son las más comunes en nuestro universo pero esto no significa que no existan más. A partir de 1947 se han seguido descubriendo nuevos estados hadrónicos (e incluso con otras propiedades, como la extrañeza) y leptónicos, sin embargo, en nuestro artículo no es posible continuar enumerándolos.

La física de altas energías se ocupa básicamente de los constituyentes últimos de la materia y de la naturaleza de las interacciones entre ellos. Las investigaciones experimentales en este campo de la ciencia son realizadas con gigantescos aceleradores de partículas y sus equipos de detección asociados. Las altas energías son necesarias por dos razones: la primera es que para realizar la investigación a escalas muy pequeñas de las distancias asociadas con los constituyentes elementales, uno requiere radiación de longitud de onda lo más pequeña que sea posible y las energías más altas posibles; segundo, que muchos de los constituyentes tienen masas grandes y requieren, correspondientemente, energías altas para su creación y estudio.

Por último queremos hablar de los quarks y los mediadores de interacción. Los quarks fueron postulados por Murray Gell-Mann y George Zweig por separado en 1964 como los constituyentes de los hadrones, es decir, los hadrones son estados ligados de los quarks. Evidencias experimentales fueron encontradas por primera vez en 1968 en SLAC y el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Los quarks poseen carga de "color" (si tienen interacción fuerte) y,

además, carga eléctrica fraccionaria ($-1/3$ y $2/3$ de la carga del electrón). Para formar un hadrón se ligan entre sí tres quarks con un quark de cada color (combinaciones blancas) o, se ligan un quark de un color dado con un antiquark del anticolor correspondiente (combinaciones sin color). No hay otras combinaciones posibles. Las interacciones fuertes se deben a la interacción entre colores. Hasta la fecha existen evidencias de seis clases de quarks (las clases también se conocen como sabores).

A fines de la década de los cincuenta (1957), Glashow, A. Salam y S. Weinberg trabajaron sobre la teoría electrodébil que plantea la unificación de las interacciones débiles con las electromagnéticas. En 1974, H. Georgi y S. L. Glashow formularon una teoría que unifica las interacciones electrodébiles y la cromodinámica* con la teoría de las interacciones fuertes a través de una teoría de norma no

abeliana basada en un grupo de simetría. Esta teoría requiere un conjunto de partículas mediadoras de la interacción: el fotón, para las interacciones electromagnéticas; los bosones vectoriales $W^\pm$ y Z^0 , para las interacciones débiles (fueron detectados en 1983 por CERN); y ocho gluones G, para las interacciones fuertes (también existen evidencias experimentales de su existencia).

Desgraciadamente no nos es posible profundizar más en los puntos tratados en este artículo. Sugerimos a los lectores interesados consultar las referencias.

* La cromodinámica es una teoría que describe un grupo de simetrías de la teoría que está asociada con la conservación de la carga de color y con el hecho de que los gluones, partículas mediadoras entre los quarks, carecen de masa.

Referencias

1. Steven Weinberg, *Partículas subatómicas*, editado por Prensa Científica, Editorial Labor, 1985.
2. Arnulfo Zepeda D., *Revista Mexicana de Física*, vol. 31, núm. 3, 1985. pp. 531-549.
3. Y. Nambu, *Quarks, Frontiers in elementary particle physics*, editado por World Scientific, 1985.
4. A. Borovóv, *Cómo se registran las partículas*, editado por Editorial MIR Moscú, 1985.
5. *CERN Courier*, vol. 23 núm. 29, 1983 pp. 355-361.
6. *Partículas elementales, Quarks, leptones y unificación de las fuerzas*. Libros de Investigación y Ciencia, editado por la Prensa Científica Editorial Labor, 1985.
7. James S. Tefil, *De los átomos a los quarks*, editado por Biblioteca Científica Salvat, 1985.
8. *Berkeley physics course. Física cuántica*, vol. 4, editado por Editorial Reverté S. A., 1972.
9. L. Ponomarev, *Alrededor del cuanto*, editado por MIR Moscú, 1974.

CIENCIAS

REVISTA DE DIFUSION



Revista Ciencias*

Cubículos 320 y 321

Departamento de Física

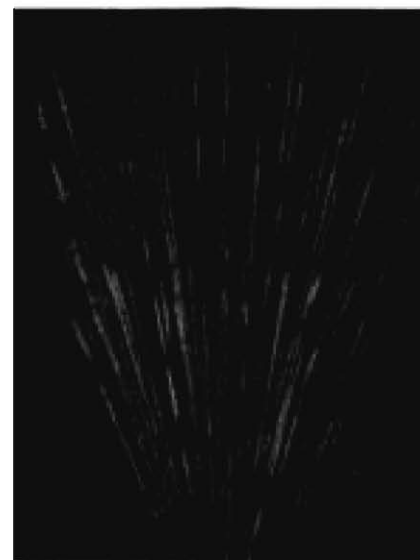
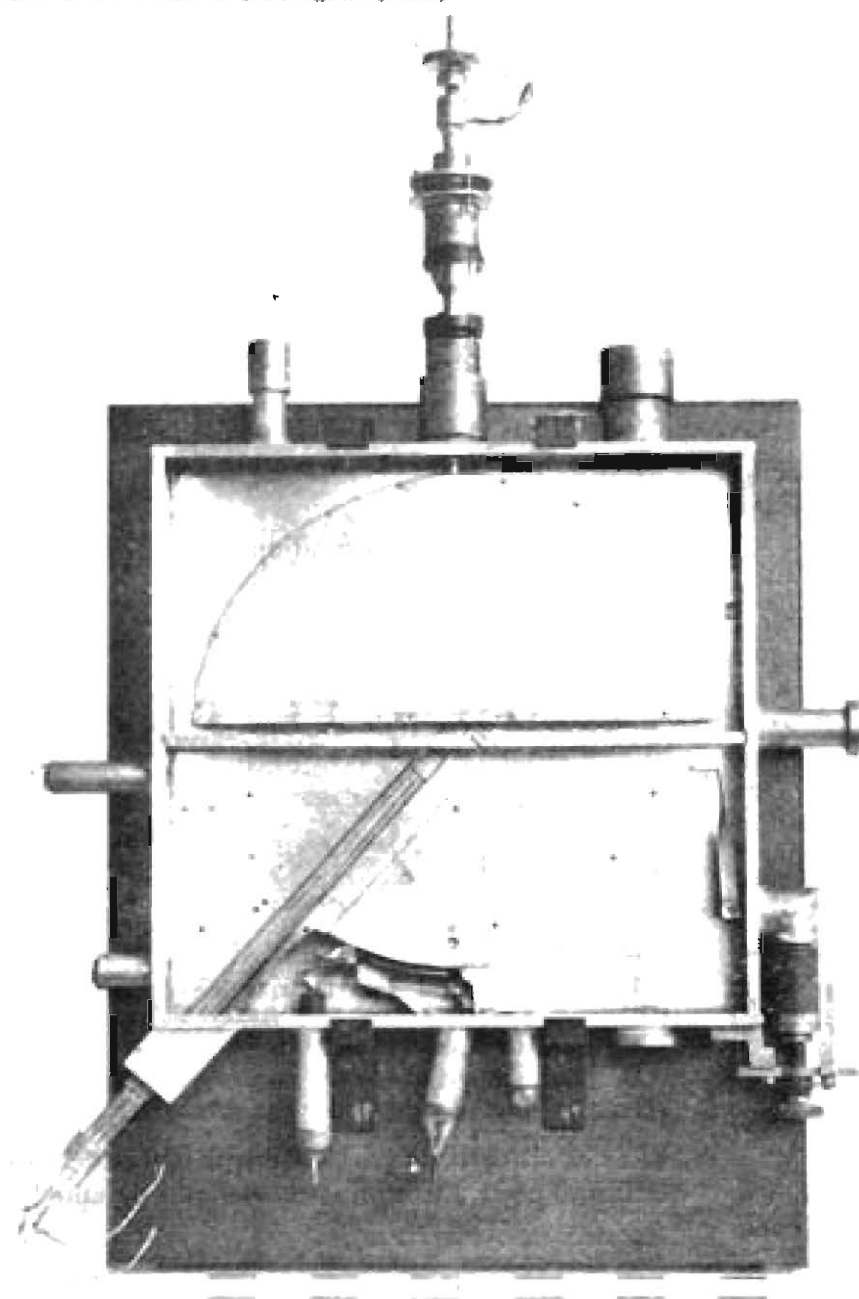
Facultad de Ciencias, UNAM

México, 04510 D.F.

* En Puebla adquirirla en las oficinas de la revista *Elementos*, Av. Reforma 915 Planta Alta, Tel. 46 80 67.

La teoría cuántica de campos

Ciclotrón de Lawrence y Livingston (1931)



Desintegración de un átomo de nitrógeno

Mario Maya *

Introducción

La mecánica cuántica ordinaria da una descripción adecuada de una gran parte de los fenómenos físicos a nivel microscópico y lo hace con gran éxito, pero falla en dos aspectos: primero, es incapaz de predecir el comportamiento de partículas con altas velocidades, segundo, es una teoría que describe sistemas con números fijos de partículas de cada clase y por lo tanto no le es posible explicar fenómenos en los que aparecen y desaparecen partículas; por ejemplo, en el decaimiento beta de átomos radiactivos, un neutrón del núcleo desaparece, aparece en su lugar un protón con la emisión de un electrón y un neutrino.

Como es evidente que no se puede descartar a la mecánica cuántica, es necesario ampliarla para que sea relativista y proveerla de un mecanismo para explicar la creación y destrucción de partículas. El resultado es la teoría cuántica de campos.

* Escuela de Físico-Matemáticas, UAP. Avenida Universidad y avenida San Claudio, C. U., C. P. 72570, Puebla, Pue.

En el lenguaje de la teoría cuántica de campos se dice que las partículas son los cuantos del campo; así, los fotones son los cuantos del campo electromagnético. La interacción entre partículas se entiende como el intercambio entre los cuantos del campo de interacción. Por ejemplo, dos electrones interactúan enviándose mutuamente fotones.

Entre las diversas teorías de campo, la más exitosa es la electrodinámica cuántica, la cual hace predicciones que coinciden con los experimentos con una exactitud asombrosa. Es por ello que la electrodinámica cuántica es el modelo a seguir para las demás teorías de campo cuántico-relativistas.

En estas notas hacemos una introducción elemental a la teoría cuántica de campos y a su relación con otros aspectos, tales como la naturaleza de las partículas y algunas de sus propiedades. El enfoque es hacia las partículas elementales, aunque el grado de aplicación de esta teoría es más amplio.

Segunda Cuantización

En términos muy generales podemos decir que la primera cuantización consiste en la cuantización de las variables dinámicas de un sistema, por ejemplo, la energía de la radiación electromagnética que absorbe un átomo, o el momento angular de un electrón en un átomo. Estas variables necesariamente resultan cuantizadas al resolver la ecuación de Schrödinger. La segunda consiste en la cuantización de las soluciones de la ecuación de Schrödinger.

Equivalentemente, en la primera cuantización asociamos operadores a las variables físicas, por ejemplo, al momento lineal

$$\begin{aligned} p &\leftrightarrow -i\hbar \nabla \\ \text{a la energía} \quad E &\leftrightarrow i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \end{aligned}$$

etc. En la segunda cuantización, a la solución de la ecuación de Schrödinger la convertimos en un operador que crea y destruye partículas. Este operador representa a un determinado tipo de partículas y es llamado operador de campo o simplemente campo.

Supongamos que $u_n(x)$ es solución de la ecuación estacionaria de Schrödinger y forma parte de un conjunto completo y ortonormal. Cualquier solución puede ser expresada como

$$\psi(x) = \sum_n c_n u_n(x) \quad (1)$$

En la mecánica cuántica ordinaria los coeficientes c_n son números complejos. En la segunda cuantización los coeficientes c_n son operadores y así $\psi(x)$ es un operador de campo, aunque la expresi-

ón equivalente a (1) es algo más compleja, como veremos después.

Aquí debemos hacer un paréntesis en lo que se refiere a campos, para hablar de una notable propiedad de las partículas que existen en el mundo físico.

Las partículas microscópicas, las cuales deben ser tratadas cuánticamente, pueden ser clasificadas desde varios puntos de vista. El que adoptamos aquí es el siguiente: las partículas son de dos clases, las que obedecen el principio de exclusión de Pauli, y las que no lo obedecen. El principio de Pauli es: Dos partículas idénticas no pueden estar en el mismo estado cuántico.

Parece que no hay excepción a esta regla. Sólo hay dos tipos de partículas: las de Fermi-Dirac (fermiones), las cuales satisfacen el principio de Pauli y que tienen espín semientero y las de Bose-Einstein (bosones), que no conocen el principio de Pauli y tienen espín entero. Todos los resultados experimentales confirman este hecho.

La teoría cuántica de campos toma en cuenta esta diferencia y postula que los coeficientes que en (1) son numéricos ahora son operadores que actúan sobre los estados de partículas y satisfacen las siguientes reglas de conmutación:

$$\text{Fermiones} \quad \{\hat{c}_i, \hat{c}_j^\dagger\} = \delta_{ij} \quad (2)$$

$$\text{Bosones} \quad [\hat{c}_i, \hat{c}_j^\dagger] = \delta_{ij} \quad (3)$$

donde $\hat{c}_i^\dagger$ es el operador adjunto (hermítico conjugado) de $\hat{c}_i$, y

$$\{\hat{A}, \hat{B}\} = \hat{A}\hat{B} + \hat{B}\hat{A}$$

$$[\hat{A}, \hat{B}] = \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$$

y la delta es la de Kronecker.

Los estados de las partículas se escriben en la notación de Dirac

$$|n_i\rangle$$

n_i es el número de partículas que ocupan el estado definido por i . Definimos el operador de número;

$$\hat{n}_i = \hat{c}_i^\dagger \hat{c}_i$$

para fermiones y bosones, de tal manera que $|n_i\rangle$ es estado propio del operador $\hat{n}_i$:

$$\hat{n}_i |n_i\rangle = n_i |n_i\rangle$$

Fermiones

De la propiedad (2) de los operadores de fermiones deducimos que

$$n_i = 0, 1$$

lo que quiere decir que el espacio está ocupado o está ocupado a lo más por una partícula lo cual está de acuerdo con el principio de Pauli. Además,

$$\hat{c}_i |1\rangle = |0\rangle$$

$$\hat{c}_i^\dagger |0\rangle = |1\rangle$$

Entonces $\hat{c}_i$ desocupa al estado que tenía una partícula y $\hat{c}_i^\dagger$ crea una partícula en el estado que estaba desocupado. $\hat{c}_i$ es un operador de aniquilación y $\hat{c}_i^\dagger$ es un operador de creación.

Bosones

De la propiedad (3) para bosones se deduce que

$$n_i = 0, 1, 2, \dots$$

lo cual indica que el estado puede estar desocupado o puede ser ocupado por cualquier número de partículas, esto viola el principio de Pauli y es lo correcto para bosones. También de (3) se encuentra que¹

$$\hat{c}_i |n_i\rangle = \sqrt{n_i} |n_i - 1\rangle$$

$$\hat{c}_i^\dagger |n_i\rangle = \sqrt{n_i + 1} |n_i + 1\rangle$$

$\hat{c}_i$ elimina una partícula del estado i y $\hat{c}_i^\dagger$ aumenta la ocupación del mismo. Así $\hat{c}_i$ es un operador de aniquilación y $\hat{c}_i^\dagger$ es de creación.

Antipartículas

Otra de las características de la teoría cuántica de campos es que predice la existencia de antipartículas asociadas a las partículas normales. Así, el positrón o electrón positivo es la antipartícula del electrón normal. Por lo general la antipartícula tiene una carga contraria a la de la partícula, aunque eso no sucede para las partículas neutras. En cualquier caso, cada partícula tiene su antipar-

tícula, lo cual está bien comprobado experimentalmente.

Ecuaciones cuántico-relativistas

Las ecuaciones relativistas equivalentes a la ecuación de Schrödinger son la de Dirac para fermiones y la de Klein-Gordon para bosones.

La ecuación de Dirac para fermiones libres es²

$$\left(i \gamma_\mu \frac{\partial}{\partial x^\mu} + m \right) \phi(x) = 0$$

y en el espacio de momentos es

$$(\gamma_\mu p^\mu - m) u(p) = 0$$

m es la masa del fermión, p su cuadrimomento: $p = (E, \vec{p})$, $x = (t, \vec{x})$ la posición en el espacio tiempo y γ_μ una matriz (4×4) . La solución $u(p)$ es una matriz columna (4×1) y es llamada espinor, porque contiene información sobre el espín de la partícula. Para antifermiones la ecuación de Dirac es

$$(\gamma_\mu p^\mu + m) v(p) = 0$$

Para los bosones la ecuación de Klein-Gordon es³

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^\mu} \frac{\partial}{\partial x_\mu} + m^2 \right) \phi(x) = 0$$

donde m es la masa del bosón, $\phi(x)$ una función escalar de la posición espacio-temporal $x = (t, \vec{x})$.

Campos

El campo para los fermiones, tomando en cuenta todo lo anterior, es

$$\hat{\psi}(x) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sum_i \left(\frac{m}{E_i} \right)^{1/2} \left[\hat{a}_i u_i e^{ip \cdot x} + \hat{b}_i^\dagger v_i e^{-ip \cdot x} \right]$$

el factor fuera de la suma es para normalización, E es la energía del estado y

¹ Se encuentra que a mayor n_i , mayor es la probabilidad de que el estado i sea ocupado.

² La ecuación de Dirac es para fermiones de espín 1/2.

³ La ecuación de Klein-Gordon describe bosones de espín cero.

$$p \cdot x = E \cdot t - \vec{p} \cdot \vec{x}$$

$\hat{a}_i$ aniquila fermiones y $\hat{b}_i^\dagger$ crea antifermiones; u_i y v_i son espinores de Dirac. Para crear fermiones y destruir antifermiones usamos el operador adjunto de $\psi(x)$.

Para bosones el campo es

$$\psi(x) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2}} \sum_i \left(\frac{1}{2E_i} \right)^{1/2} \left[\hat{c}_i e^{ipx} + \hat{d}_i^\dagger e^{-ipx} \right]$$

$\hat{c}_i$ destruye bosones y $\hat{d}_i^\dagger$ crea antibosones y con $\hat{\psi}(x)$ se crean bosones y se aniquilan antibosones.

Conclusiones

Hemos visto brevemente algunos hechos relativos a la teoría cuántica de campos a un nivel introductorio. El tema es muy amplio y tiene futuro. Parece ser el único camino para encontrar una teoría general de las interacciones fundamentales.

Recomendamos leer el artículo de S. Weinberg "La búsqueda de la unidad: notas para la historia de la teoría cuántica de campos", *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT, núm. 53, 1983.

Terminamos estas notas con las palabras del físico J. J. Sakurai: "Existen muchos elementos en la teoría cuántica de campos actual que probablemente sobrevivirán, digamos, unos cien años, a partir de ahora." Estas palabras fueron escritas en 1967.



El Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, del Estado Libre y Soberano de Puebla, y la revista *Ciencia y Desarrollo* del CONACYT

Convocan al



IV Concurso Nacional de Cuento de Ciencia Ficción "Puebla"

Conforme a las siguientes bases:

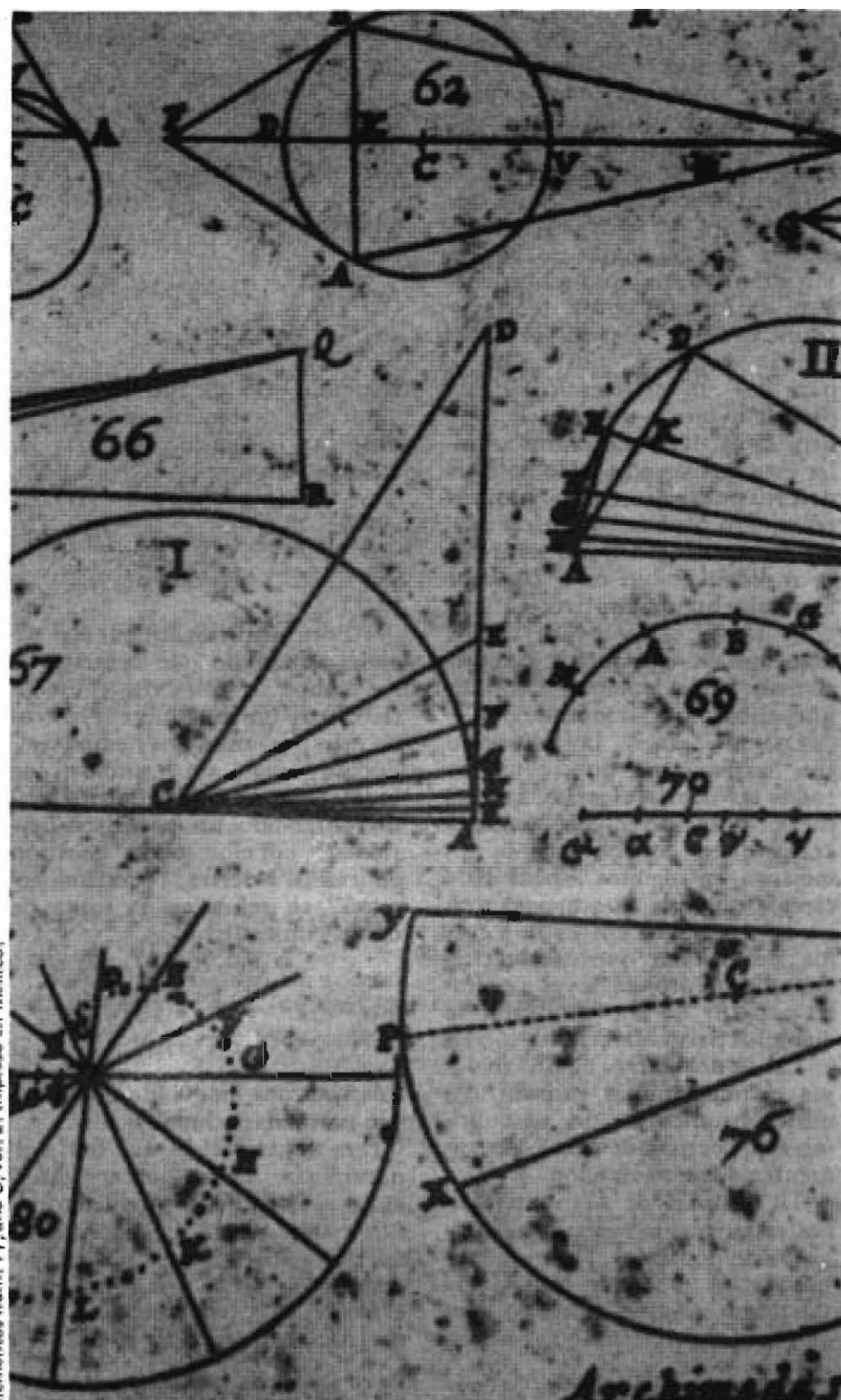
1. Podrán participar todos los escritores y científicos de habla española, residentes en la República Mexicana.
2. Los concursantes deberán enviar un CUENTO INEDITO DE CIENCIA FICCION con una extensión de 1 a 15 cuartillas, al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología, Instituto Cultural Poblano, Reforma 1305 - 3er. Piso, Código Postal 72000, Puebla, Pue.
3. Los trabajos se presentarán por cuádruplicado, escritos a máquina a doble espacio, en papel tamaño carta y por una sola cara.
4. Deberán suscribirse con seudónimo y en sobre separado y cerrado, adjunto al trabajo: enviar la identificación precisa del autor, indicando su domicilio, teléfono y currículum.
5. El certamen queda abierto desde la publicación de esta convocatoria, hasta el 3 de julio de 1987.
6. El Jurado Calificador estará integrado por distinguidos escritores y hombres de ciencia, cuyos nombres serán dados a conocer con oportunidad.
7. El Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología invitará al acto de premiación, a desarrollarse el día 18 de noviembre de 1987.
8. Los derechos de la primera edición del trabajo premiado pertenecerán en exclusiva al CECYT de Puebla, así como su publicación en la antología correspondiente.
9. La revista *Ciencia y Desarrollo* publicará el trabajo premiado.
10. Los organizadores no devolverán ningún trabajo.

PREMIO UNICO E INDIVISIBLE: DOSCIENTOS CINCUENTA MIL PESOS EN EFECTIVO Y DIPLOMA

A propuesta del Jurado se podrán otorgar una o más menciones, consistentes en diploma y publicación en la revista *Ciencia y Desarrollo* y/o en la antología que la misma revista editará.

Aproximaciones a la matemática

Gerardo Alberto Garrido Natarén *



La matemática, como toda ciencia, es una disciplina que utiliza el método científico con la finalidad de hallar estructuras generales: leyes. Las primeras abstracciones matemáticas surgen lentamente en la antigüedad para expresar algunos términos numéricos simples y para algunas relaciones de forma. Actualmente, está constituida por varias disciplinas relacionadas íntimamente, las que prestan su ayuda ilimitada a las demás ciencias en la tarea de interpretar el mundo real.

1. Una de las características más notables es su abstracción, así, se llega al concepto de línea recta o número, sin importar los objetos que éstos puedan representar. En general, "el concepto de figura geométrica es el resultado de la abstracción de todas las prioridades de un objeto, exceptuadas su forma espacial y dimensiones".¹ Podríamos en este punto, intentar una aproximación: "la matemática es una ciencia que tiene como objeto las formas espaciales y las relaciones cuantitativas del mundo real".²

2. Otro rasgo característico de las matemáticas, es su sucesivo y creciente grado de abstracción.

Todo modelo matemático tiene su fuente en el estudio de fenómenos que acontecen en el mundo real o en problemas concretos de la misma matemática, sin embargo, a través de los pro-

* Escuela de Físico-Matemáticas, UAF. Avenida Universidad y avenida San Claudio, C. U., C. P. 72570, Puebla, Pue.

¹ A. D. Aleksandrov, A. N. Kolomogorov, M. A. Laurentiev y otros, *La matemática: su contenido, métodos y significado*, Alianza Universidad, 1950.

² Y. Jurgin, *¿Qué son las matemáticas?*, Ediciones de Cultura Popular, 1977.

gresivos grados de abstracción de un concepto matemático, podemos perder de vista el origen del concepto, por ejemplo, del concepto de número podemos pasar al concepto de espacio euclideo n-dimensional o infinito dimensional o del concepto de espacio métrico al concepto de espacio topológico. Estas abstracciones, apoyándose unas en otras, no nos ayudan a dar una prueba simple de que las matemáticas están fundamentadas en la experiencia. En general, el historiador matemático no encuentra dificultad en demostrar que el cálculo empezó como un método para medir áreas y volúmenes y por el contrario, relacionar el estudio de los espacios de Hilbert con el espacio habitual puede estar fuera de su alcance.

3. La matemática se mueve en el campo de los conceptos y sus interrelaciones.

Una de las primeras diferencias entre las ciencias es la que se presenta entre las ciencias formales y las ciencias factuales o empíricas, es decir, entre las que estudian ideas y las que estudian hechos. Por ejemplo: la lógica y la matemática son ciencias formales, la física y la biología se encuentran en cambio entre las ciencias factuales, se refieren a hechos que se supone ocurren en el mundo y consecuentemente recurren a la experiencia para contrastar sus fórmulas.

La lógica y/o la matemática se interesan por la estructura de las ideas factuales y formales, se puede decir que las ciencias formales son autosuficientes por lo que hace al contenido y al método de prueba, mientras que la ciencia factual depende del hecho, por lo que hace al contenido o significación y del hecho experimental para su verificación. Esto explica por qué puede conseguirse verdad formal completa, mientras que la verdad factual resulta tan huidiza.

Las técnicas científicas se clasifican en conceptuales y empíricas; dentro de las conceptuales, podemos incluir aquellas que permiten enunciar de un modo preciso problemas y conjeturas de algún tipo, así como los proce-

dimientos para deducir consecuencias a partir de las hipótesis y para comprobar si la hipótesis propuesta resuelve los problemas correspondientes. La matemática suministra el conjunto más rico de tácticas para enunciar problemas e hipótesis de un modo preciso, para deducir consecuencias a partir de los supuestos y para someter las soluciones a prueba o confrontación, pero no da ayuda alguna en la tarea de hallar problemas o imaginar el núcleo de hipótesis nuevas para las ciencias empíricas. Aparte de eso, en las ciencias más atrasadas nuestras ideas no son aún lo suficientemente claras para ser susceptibles de traducción matemática. Por lo demás no hay limitación de principio a la aplicación de los conceptos, teorías y técnicas de la matemática en la ciencia empírica.³ Sin embargo, para que un matemático pueda prestar ayuda a un científico de otra rama, le es necesario asimilar esta nueva rama, sólo después de esto podremos esperar el planteamiento de los modelos adecuados que ayuden a interpretar la realidad en un nivel superior al puramente descriptivo.

4. Hasta el momento hemos mencionado tres rasgos característicos de las matemáticas, bosquejemos ahora su método:

La analogía y la inducción son herramientas que, como en todas las demás ciencias, se emplean a menudo. La analogía consiste en concluir, de la semejanza en algunos aspectos de ciertos objetos, su semejanza en otros. La inducción es una forma de razonar que conduce al descubrimiento de leyes generales a partir de la observación de ejemplos particulares.

La importancia de la analogía e inducción es enorme, como instrumentos de descubrimiento, pero no como instrumentos de demostración.

La historia de las matemáticas está llena de ejemplos de progresos importantes, llevados a cabo gracias al uso de la analogía y/o inducción, sin embargo, ningún teorema pertenece definitiva-

mente a la matemática hasta que no ha sido rigurosamente demostrado. Esto distingue esencialmente a las matemáticas de otras ciencias: su alto grado de rigor lógico.

Para demostrar un teorema se requiere que éste sea deducido lógicamente a partir de las propiedades fundamentales, de los conceptos, relaciones y axiomas de aquella rama matemática a la cual pertenece el teorema en cuestión.

5. Para ilustrar el uso de la analogía e inducción en la etapa de descubrir leyes generales recurramos a un ejemplo.⁴

Supongamos que casualmente observamos que:

$$1 + 8 + 27 + 64 = 100$$

haciendo uso de nuestros conocimientos matemáticos podemos observar lo mismo bajo la siguiente forma:

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 = 10^2$$

Ahora nos preguntamos si sucede a menudo que la suma de los cubos de números consecutivos sea un cuadrado. Planteada esta pregunta, nos hemos conducido como un estudioso de las ciencias naturales que habiendo observado un hecho en particular, concibe una "cuestión general". Nuestra "cuestión general" se refiere a la suma de cubos consecutivos

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3$$

a la cual nos ha guiado el "ejemplo particular" donde $n = 4$.

Para contestar, lo que haría el naturalista sería buscar otros casos particulares y enlistarlos. Por ejemplo para $n = 2, 3, 4, 5$; además para presentar un trabajo completo y uniforme incluiría el caso $n = 1$, tenemos:

³ Mario Bunge, *La investigación científica*, Ariel, 1969.

⁴ G. Polya, *Cómo plantear y resolver problemas*, Ed. Trillas, 1979.

$$\begin{array}{rcl}
1^3 & = & 1 \\
1^3 + 2^3 & = & 1 + 8 \\
1^3 + 2^3 + 3^3 & = & 1 + 8 + 27 \\
1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 & = & 1 + 8 + 27 + 64 \\
1^3 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + 5^3 & = & 1 + 8 + 27 + 64 + 125
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rcl}
= 1 & = & 1^2 \\
= 9 & = & 3^2 \\
= 36 & = & 6^2 \\
= 100 & = & 10^2 \\
= 225 & = & 15^2
\end{array}$$

El hecho que estas diversas sumas de cubos de números consecutivos sean cuadrados, difícilmente puede atribuirse al azar, el naturalista no tendría duda alguna sobre la exactitud de la ley general que le han sugerido los casos particulares observados por él. Esta ley general "está casi probada por inducción".

El matemático es más cauto y ante la misma situación se limitará a decir que la inducción sugiere tenazmente el siguiente teorema:

"La suma de los N primeros cubos es un cuadrado".

Una vez establecida la ley, al naturalista se le presentan dos opciones, seguir acumulando pruebas experimentales, por

ejemplo para $n = 6, 7, \dots$ o bien, reexaminar los hechos que le han llevado a formular su hipótesis, los comparará con cuidado, tratando de observar alguna regularidad más profunda, una analogía.

Si examinamos en lista los casos para $n = 1, 2, 3, 4, 5$, se presentan las siguientes preguntas:

¿Por qué todas las sumas resultan ser cuadrados? ¿Qué podemos decir de dichos cuadrados? Sus raíces cuadradas son 1, 3, 6, 10, 15. ¿Qué podemos decir de dichas raíces? ¿Existe entre ellas una analogía más honda? La diferencia entre dos términos sucesivos aumenta con una regularidad notable:

$$\begin{array}{rcl}
3 - 1 & = & 2 \\
6 - 3 & = & 3 \\
10 - 6 & = & 4 \\
15 - 10 & = & 5
\end{array}$$

Constatamos entonces una analogía sorprendente entre las

raíces cuadradas de esos cuadrados:

$$\begin{array}{rcl}
1 & = & 1 \\
3 & = & 1 + 2 \\
6 & = & 1 + 2 + 3 \\
10 & = & 1 + 2 + 3 + 4 \\
15 & = & 1 + 2 + 3 + 4 + 5
\end{array}$$

Si esta regularidad es general, el teorema cuya existencia ha-

bíamos sospechado, reviste una forma más precisa:-

Para $n = 1, 2, 3, \dots$ se cumple

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = (1 + 2 + 3 + \dots + n)^2$$

No es difícil ver que⁵

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2} \quad \text{para } n=1,2,3,\dots$$



revista mensual de información y análisis de los principales problemas políticos, científicos y culturales, nacionales e internacionales

Esparza Oteo No. 144-108
col. Guadalupe Inn
CP 01020
México, D.F.

un año (12 números)
Distrito Federal e interior
de la República... \$ 6,000.00
Estados Unidos, Canadá
y Latinoamérica... 40 US Dólares
Europa, Asia y África... 50 US Dólares



⁵ Este resultado puede demostrarse usando inducción matemática.



ISSN 0187-4713

Boletín de la Sociedad Mexicana de Física

número 1, abril de 1987

CONTENIDO

Presentación, ... M.A. Pérez Angón	1
La enseñanza de posgrado y la investigación científica en el Departamento de Física del IOUAP, ... H. Navarro y A. Pérez	3
Editorial, ... Rubén Barrera	8
Informe de la Mesa Directiva 1985-86	10
Actividades de la SMF	13
Noticias de la Comunidad	15
Correo	16
Convocatoria para Reunión General	17
Convocatoria para las Medallas Académicas de la SMF	17
Convocatoria para el Concurso Nacional "Newton"	17
Convocatoria del XXX Congreso Nacional de la SMF	18
Resolución Sobre La Paz	20

El *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* es una publicación cuatrimestral de la Sociedad Mexicana de Física, A.C., Apdo. Postal 70-542, Coyoacán, 04510 México, D.F. Director: Miguel Angel Pérez Angón. Registros en trámite. Impreso en Impresora Técnica Moderna, S.A., Chabacano 65, México, D.F.

Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en este *Boletín*; sólo pedimos citar la fuente: Bol. Soc. Mex. Fís. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. El *Boletín* se distribuye gratuitamente a los socios de la SMF. El costo de la suscripción anual al *Boletín* es de \$1,000.00 para personas que no sean socios de la SMF y de \$2,000.00 para bibliotecas.

Usando esto último, el resto obtenido por inducción, se expresa como sigue:

Para $n = 1, 2, 3, \dots$ se cumple

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \left[\frac{n(n+1)}{2} \right]^2$$

6. Hasta este punto, llegará probablemente el trabajo del naturalista, sin embargo, para que este resultado pueda ser considerado un logro matemático, tenemos que confirmar nuestro resultado mediante una demostración rigurosa, por lo tanto, al matemático ahora se le presenta un "problema de demostración". Para esto recurre a los diversos métodos

de demostración que conoce; la experiencia le indica que en este caso deberá intentar una demostración por inducción matemática y utilizará el "principio de inducción matemática" que se enuncia de la siguiente forma:

Si $P(n)$ es una proposición que tiene sentido para $n = 1, 2, 3, \dots$ de tal forma que se cumple:

- 1) $P(1)$ es verdadera
- 2) Si $P(n)$ es verdadera entonces $P(n + 1)$ es verdadera para cualquier n .

Entonces la proposición $P(n)$ es verdadera para $n = 1, 2, 3, \dots$

Este principio es lógicamente equivalente a otro aparentemente más inofensivo llamado "principio del buen orden" que dice: "Cualquier subconjunto no vacío del conjunto de los números naturales $\{N\}$ ⁶ posee un primer elemento."

La equivalencia antes mencio-

nada, nos dice que los dos principios son verdaderos o los dos son falsos, y puesto que el segundo principio es fácilmente aceptable, habremos aceptado la "validez" del principio de inducción matemática; apliquemos este último al problema que tratamos de demostrar:

Para $n = 1, 2, 3, \dots$ se cumple

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \left[\frac{n(n+1)}{2} \right]^2$$

En este caso, la proposición $P(n)$ significa

$$1^3 + 2^3 + \dots + n^3 = \left[\frac{n(n+1)}{2} \right]^2$$

y trataremos de establecer la verdad de $P(n)$ para $n = 1, 2, 3, \dots$

Para probar esto último utilizando el principio de inducción matemática, debemos verificar que $P(1)$ es verdadera

⁶ $N = \{1, 2, 3, \dots\}$

$$P(1) : 1^3 = \left(\frac{1 \cdot 2}{2} \right)^2$$

Lo cual es evidente.

Posteriormente, suponemos que:

$$P(n): 1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

es verdadera y de esto trataremos de deducir la verdad de $P(n+1)$; si sumamos $(n+1)^3$ a

ambos miembros de $P(n)$ obtenemos la siguiente proposición verdadera

$$1^3 + 2^3 + 3^3 + \dots + n^3 + (n+1)^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 + (n+1)^3$$

Efectuando operaciones sobre el miembro del lado derecho obtenemos:

$$\left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2 + (n+1)^3 = (n+1)^2 \left[\frac{n^2}{2^2} + (n+1) \right] =$$

$$\frac{(n+1)^2}{2^2} (n^2 + 4n + 4) = \frac{(n+1)^2 (n+2)^2}{2^2} = \left(\frac{(n+1)(n+2)}{2} \right)^2$$

de lo cual concluimos que:

$$1^3 + 2^3 + \dots + n^3 + (n+1)^3 = \left(\frac{(n+1)(n+2)}{2} \right)^2$$

pero esta es precisamente la proposición $P(n+1)$. Resumiendo:

a) Hemos verificado que la proposición $P(1)$ es verdadera.

b) De la suposición que $P(n)$

es verdadera hemos probado que $P(n+1)$ es verdadera.

Así que por el principio de inducción matemática, la proposición $P(n)$ es válida para $n=1, 2, 3, \dots$ es decir, hemos demostrado que para $n=1, 2, 3, \dots$ se cumple;

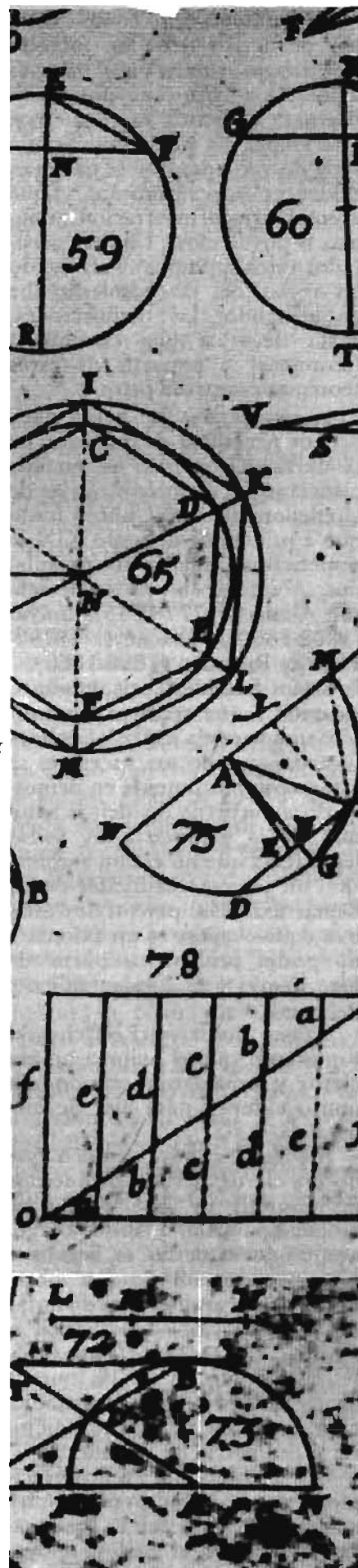
$$1^3 + 2^3 + \dots + n^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2} \right)^2$$

Por inducción hemos obtenido la ley así formulada (en 5) y la hemos demostrado (en 6) haciendo uso de la inducción matemática.

Numerosos resultados matemáticos se han obtenido primero por inducción y solamente

después se han demostrado por algún método.

7. "Las matemáticas en gestación son una ciencia experimental, inductiva. Pero las matemáticas presentadas en rigor son una ciencia sistemática deductiva."



La matemática como sistema deductivo tiene un método de trabajo similar al "método axiomático" utilizado por Euclides para construir su geometría, éste empezaba por enunciar una serie de verdades que le parecían evidentes por sí mismas y que aceptaba sin demostración (axiomas o postulados). Una vez aceptados estos supuestos y siguiendo las reglas del razonamiento iba encadenando las deducciones, hasta llegar a una conclusión (teoremas) y a partir de estos teoremas construía otros.

La geometría que había nacido por necesidad de medición de la tierra se convirtió así en una ciencia que resistió el paso de alrededor de 2000 años, hasta que a principios del siglo XIX se sometieron a análisis sus postulados. A este problema se dedicaron Gauss (1777-1855), Bolyai (1802-1860), Lobachevski (1792-1866) y Riemann (1826-1866).

Según Euclides "por un punto exterior a una recta pasa una y sólo una paralela a ella". Euclides y centenares de sus sucesores se esforzaron inútilmente en demostrarlo a partir de los demás axiomas de la geometría. A todos les parecía que no era un axioma, sino un teorema deducible de los demás axiomas, pero todos estaban equivocados, es un axioma y no podía probarse a partir de los demás, es independiente del resto.

Gauss, Bolyai y Lobachevski supusieron que el axioma no era cierto y postularon que por un punto exterior pasa más de una paralela.

Riemann supuso también que no era cierto, pero se inclinó por la hipótesis de que no pasara ninguna paralela. Y sin embargo, aceptando esto, no se llegaba a ninguna contradicción, se obtenían otras geometrías distintas de la euclídea: hiperbólica y elíptica. No tardó en demostrarse que si alguna de las nuevas geometrías presentaba contradicción, también sería contradictoria la geometría de Euclides.

Este estudio que en un principio se presentó en un plano muy abstracto resultó ser la base matemática sobre la cual se apoya-

ron a principios del siglo XX las investigaciones del espacio físico real y que culminaron con la famosa teoría de la relatividad de Albert Einstein.

Muchas disciplinas matemáticas se han desarrollado debido a las necesidades de las propias matemáticas, en particular como consecuencia del método axiomático utilizado, pero más tarde han resultado ser muy útiles en la física y las ciencias naturales.

En particular la lógica matemática, cuyo surgimiento se debe a la necesidad de construir las matemáticas sobre una base sólida y que no fuese contradictoria en el sentido lógico, hoy sirve como aparato para crear la teoría de las computadoras digitales.

El desarrollo posterior de las teorías algebraicas y la determinación de estrechas relaciones entre el álgebra y el análisis matemático han conducido en los últimos años a obtener más resultados del llamado análisis funcional, el cual ha sido definido como el aparato matemático de la física moderna.

Estos son sólo algunos ejemplos de cómo una teoría matemática va desarrollándose a partir de sus postulados o axiomas y se convierte en un entramado de complejas deducciones que en muchos casos van a servir a la misma matemática y en otros, nos ayudan a crear nuevos modelos que interpreten o den solución a problemas concretos, no

necesariamente cercanos a la fuente física de nuestra teoría. En este sentido terminaré citando al matemático universal J. V. Newman que insiste en que el matemático no pierda de vista su relación con el mundo físico:

Podríamos decir que las matemáticas se originan en lo empírico, aunque la genealogía sea a veces larga y oscura, pero una vez concebidas, el asunto comienza a vivir una vida peculiar propia y es mejor compararla a lo creativo, gobernada por motivos casi enteramente estéticos, que a cualquier otra cosa, en particular a una ciencia empírica.

Sin embargo, cuando una disciplina matemática se aparta mucho de su fuente empírica, o más aún, si está durante una segunda o una tercera generación inspirada sólo indirectamente por las ideas que proceden de la realidad, está amenazada por peligros muy graves, se vuelve más y más esteticismo puro, se vuelve más y más un arte por el arte; pero esto no es necesariamente malo si el campo está rodeado de materias relacionadas, las cuales todavía tienen conexiones empíricas próximas o si la disciplina está bajo el criterio de hombres con un criterio extraordinariamente bien desarrollado. Pero existe el grave peligro que la materia sea desarrollada a lo largo de la línea de mínima resistencia, que la corriente, tan alejada de su origen quede separada en multitud de ramas insignificantes y que la disciplina se convierta en una masa desorganizada de detalles y complejidades.

En otras palabras, a gran distancia de su origen empírico o después de muchas reproducciones abstractas un tema matemático está en peligro de degeneración.



Cultivo piloto del alga roja *Euchema sp.* y su aplicación en la industria

Ricardo Pérez Enríquez
Deneb Chavira Martínez
Miguel Angel Vargas Téllez

Introducción

La utilización de los recursos algales marinos ha tenido una gran importancia desde hace varios siglos en culturas como la china, japonesa, irlandesa y otras, ya fuera como alimento, medicamento o forraje (Jensen, 1977). A raíz de la gran utilidad que los mucílagos (componentes celulares de las algas superiores, que al combinarse con agua forman disoluciones viscosas o gelatinosas) tienen en la industria actual, la explotación de las algas se ha venido realizando de manera más intensiva.

Los mucílagos más utilizados en la industria son: alginatos (extraídos de algas pardas), agar y carragenatos (extraídos de algas rojas). En particular, los carragenatos o carragenina es utilizada en nuestro país en una gran variedad de productos alimenticios, farmacéuticos e industriales. Algunas de las funciones que ésta desempeña en tales productos son: estabilizadora, evita la separación de los componentes; espesante, da consistencia y cuerpo al producto; emulsificante, mantiene en suspensión partículas insolubles; y gelificante, da consistencia gelatinosa (Jensen, 1977). La tabla I muestra algunos de los productos que contienen carragenina.

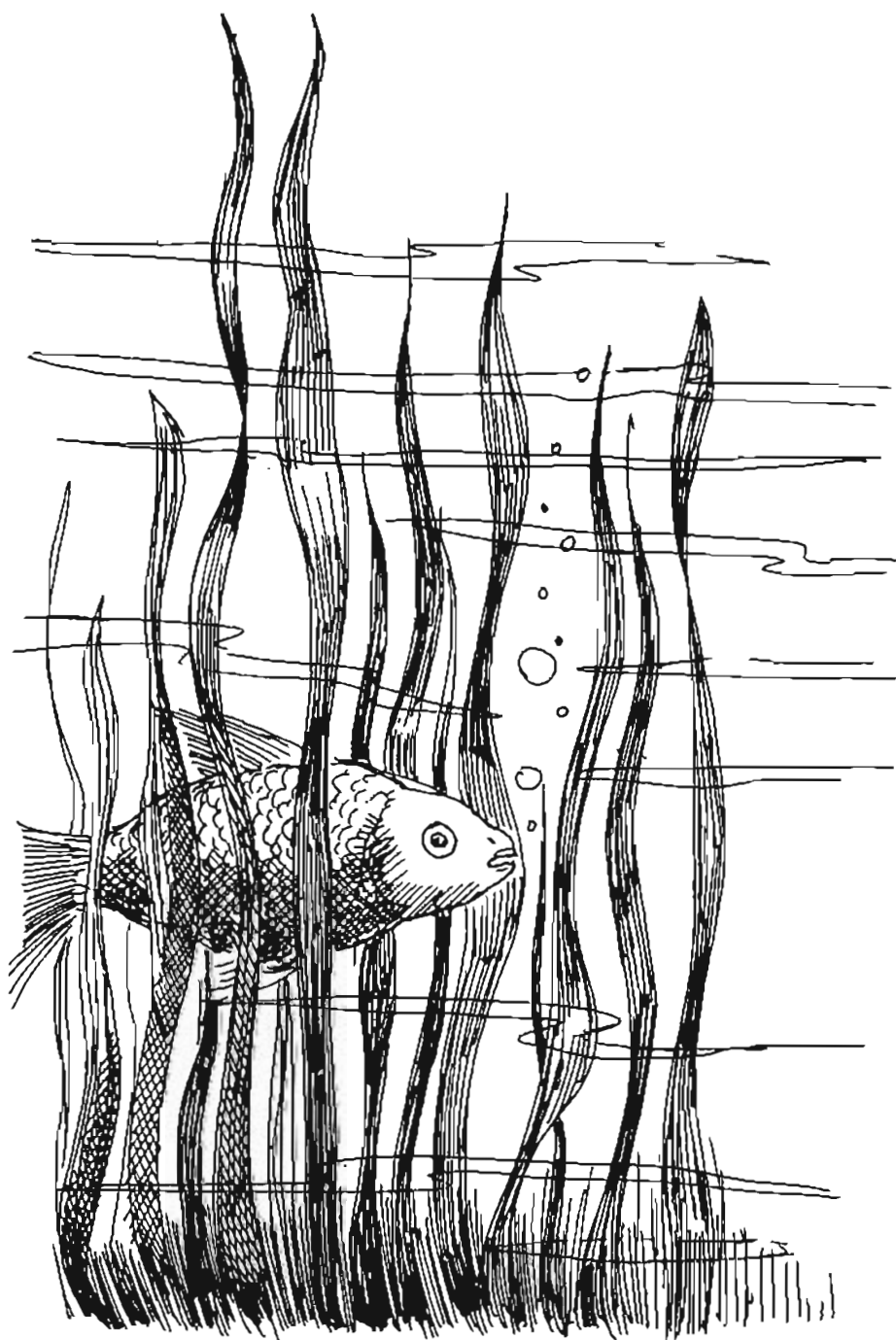


Tabla I. Algunos usos de la carragenina en la industria. (Fuente: FMC, 1977; Parker, 1974).

Producto	Función
Chocolate líquido	Espesante, da cuerpo
Leche evaporada	Emulsificante, estabilizante
Productos enlatados	Gelificante
Pasta dental	Da consistencia y cuerpo
Antibióticos	Suspensorio, estabilizante
Laxantes líquidos	Emulsificante
Pinturas	Suspensorio

Hasta hace dos décadas la extracción de la carragenina a nivel industrial se realizaba únicamente a partir de algas cosechadas de los mantos naturales, siendo los principales géneros: *chondrus crispus* o musgo irlandés, *eucheuma* spp. o agar-agar filipino y *gigartina* spp. o pelo de cochí (Jensen, 1977). Sin embargo la sobreexplotación empezó a provocar el agotamiento del recurso (Parker, 1974) y según Deveau y Castle (1976), este problema motivó el inicio de la investigación sobre métodos de cultivo que permitieron mantener y, posteriormente, incrementar la producción de tales algas, con la consiguiente conservación de las poblaciones naturales. Huguenin (1978) afirma que otro factor de importancia que permitió el desarrollo de la investigación fue la creciente demanda mundial de carragenina.

De esta manera, fue en el género *eucheuma* sobre el cual recayeron los esfuerzos por el cultivo. Doty (1973) y Doty y Alvarez (1973) hacen un esbozo del desarrollo de los cultivos

en el mar de las especies *eucheuma cottonii* y *E. spinosum* en Las Filipinas, y hablan del éxito que logran al fomentar un sistema de granjas familiares con un área de 0.5 ha, utilizando para ello redes de monofilamento (2.5 x 5 m) colocadas horizontalmente debajo del nivel de la marea más baja y atadas por los extremos a varas de mangle. Así pues, la producción filipina de *eucheuma* representa alrededor del 60% de la oferta mundial, lo cual muestra la efectividad, tanto de la técnica de cultivo como del sistema de producción (Deveau y Castle, 1976). Asimismo, el nivel de vida de las familias maricultoras ha observado un incremento bastante notable, ya que en algunos casos, el ingreso familiar se ha llegado a triplicar (Deveau y Castle, 1976; Parker, 1974). Sin embargo, se hace un gran énfasis en que el éxito alcanzado, requirió varios años de investigación experimental.

Doty (1973) y Parker (1974) mencionan que el alga *eucheuma* spp. presenta varias características que la hacen susceptible a ser cultivada, entre

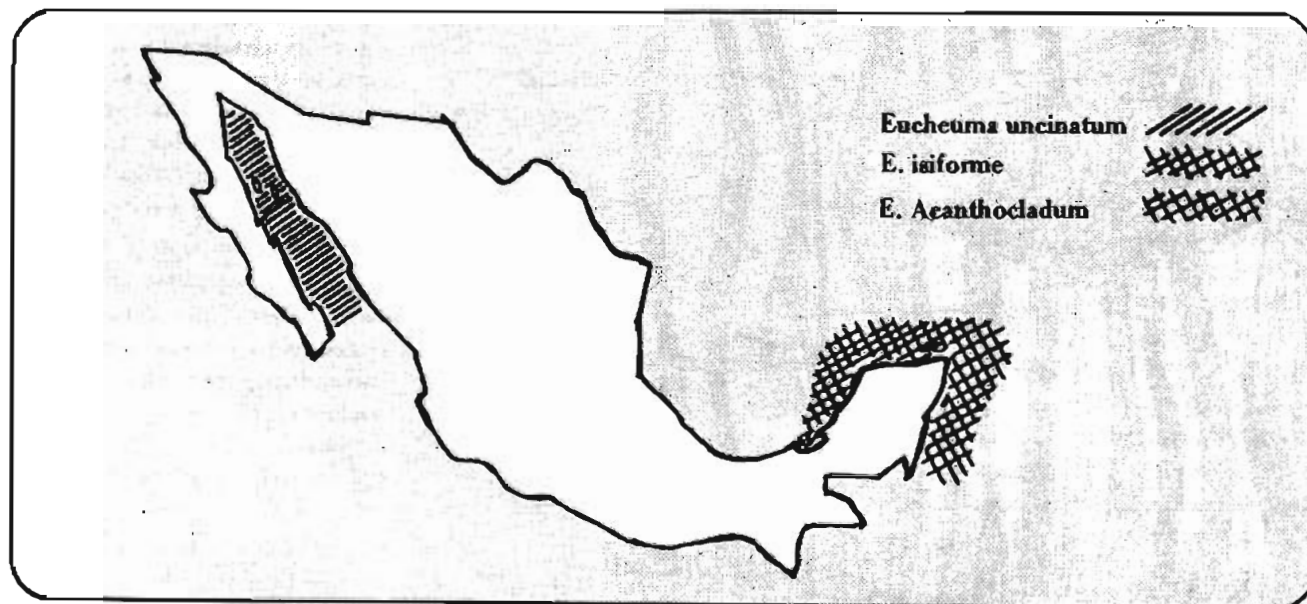


Fig. 1. Distribución conocida de 3 especies del género *Eucheuma* en México. (Fuentes: Dawson, 1961; Guzman del Proo, 1969; Levring et. al., 1969.)

las más importantes están: presenta reproducción vegetativa, lo cual permite cosechar plantas de talla comercial a partir de trozos pequeños; tiene altas tasas de crecimiento (entre 3 y 4.5% diario), lo cual permite realizar de dos a tres cosechas anuales; no es muy delicada en su manejo, lo cual indica que pueden ser trasplantadas con relativa facilidad; y contiene un alto porcentaje de carragenina (alrededor del 40 % del peso seco).

En México existen mantos de *eucheuma* spp. (Dawson, 1961; Guzmán del Proo, 1969; Levring et al., 1969) y de algunas otras especies que contienen carragenina (llamadas carragenofitas), como *cigartina* spp. e *iridaea* sp. (Dawson, 1961). Sin embargo, solamente *cigartina canaliculata* es explotada (Guzmán del Proo et al, 1974) y su industrialización se lleva a cabo en los Estados Unidos. La figura 1 muestra la distribución de tres especies de *eucheuma* en la República Mexicana.

Parker (1974) señala que en México existen sitios adecuados para llevar a cabo el cultivo de esta alga, como el Mar Caribe y el Golfo de California; pero el autor insiste en la necesidad de realizar estudios a nivel piloto con el fin de determinar con precisión las áreas óptimas para llevar a cabo dicho cultivo, lo que permitirá además hacer una estimación de la cantidad y calidad del producto que será obtenido y con ello determinar la factibilidad de un proyecto a nivel comercial.

Dado que en nuestro país no hay producción de carragenina, la industria mexicana se ha visto en la necesidad de importarla con la consecuencia de salida de divisas e incremento de los costos de producción de los productos de la tabla I. La importancia que la carragenina ha ido adquiriendo en México, queda representada por el monto de las importaciones de la misma en los últimos años (figura 2).

En un sentido amplio, son tres los tipos de carragenatos comercialmente utilizados, a saber:

- Carragenina kappa (k); Forma geles rígidos.
- Carragenina iota (i); Forma geles elásticos.
- Carragenina lambda (λ): No forma geles, sólo soluciones viscosas.

Al igual que con el cultivo del alga, es necesario realizar un estudio piloto con la carragenina extraída del alga cultivada, de tal manera que se pueda estimar el rendimiento de la misma y la calidad del producto extraído.

El presente trabajo es un diseño de un cultivo piloto del alga *eucheuma* sp. para alguna localidad del país y la extracción piloto de carragenina a partir del mismo.

Objetivos

Se tienen tres objetivos principales que a continuación se enumeran:

1. Determinar la localidad más adecuada para el cultivo
2. Determinar el mejor método de cultivo.
3. Determinar tipo, rendimiento y calidad de la carragenina obtenida.

Area de estudio

Se elegirá mediante un análisis a dos niveles:

Primer nivel: se utilizarán mapas de la República Mexicana (escala 1:100,000) y en las regiones donde existen mantos naturales del alga *eucheuma* sp. se elegirán las áreas que sean protegidas y/o semiprotegidas (Doty, 1973; Guzmán del Proo, 1977; Levring et al., 1969; Parker, 1974).

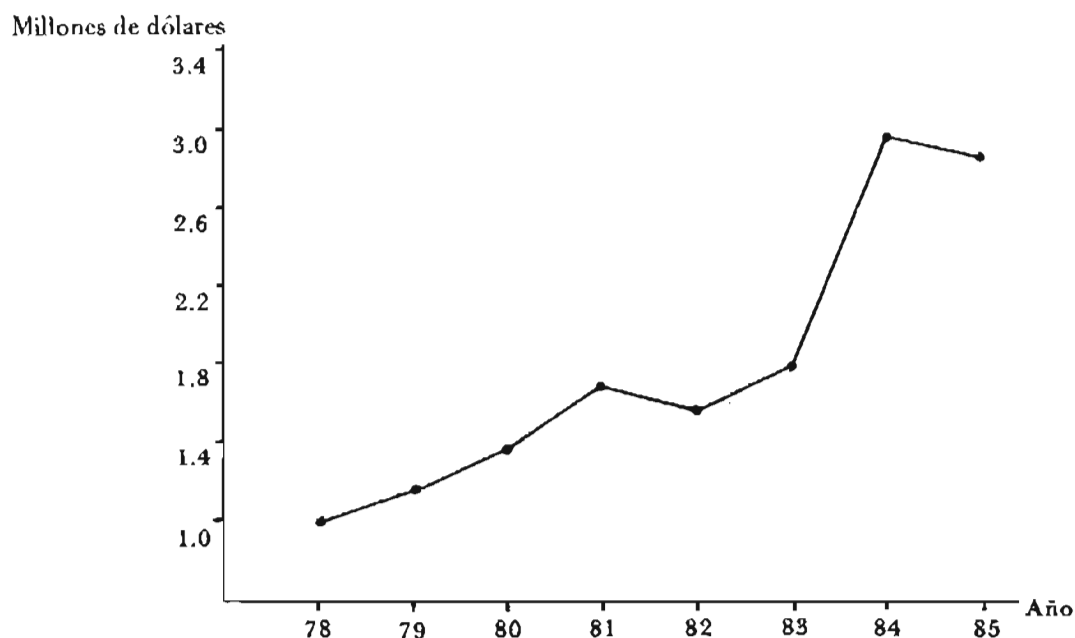


Fig. 2. Valor de las importaciones de carragenina hechas por México de 1978 a 1985. (Fuente: SPP).

Segundo nivel: utilizando los criterios de Doty (1973), Doty y Alvarez (1973) y Parker (1974), se construirá una matriz entre las características de la tabla II y las áreas propuestas. De esta manera, se hará una jerarquización de importancia entre las características citadas y, posteriormente, se realizará una comparación entre cada una de ellas y entre cada una de las áreas propuestas (Scaty, 1980). Esto dará como resultado la obtención de las áreas más susceptibles de ser cultivadas experimentalmente.

artes de cultivo, de manera que se pueda observar su comportamiento en el área de estudio.

Doty (1973) y Parker (1974) proponen que las artes de cultivo se coloquen a una profundidad aproximada de 0.5 m. debajo del nivel de la marea más baja para así evitar la desecación y que se mantengan en una posición homogénea con respecto al sentido predominante de la corriente.

a) *Cultivo en línea*: una unidad de cultivo en línea consiste en una serie de cinco monofilamen-

Tabla II. Características a utilizar en la evaluación de las áreas propuestas para el cultivo e industrialización del alga *Eucheuma* sp.

CULTIVO	INDUSTRIALIZACION
- Buen intercambio de agua - Poca incidencia de tormentas - Baja profundidad (máximo 5 m.) - Poca variación anual de salinidad - Poca variación anual de temperatura - Alta transparencia del agua - Área extensa - Buena concentración de nutrientes - Zona libre de contaminantes - Zona libre de otros usos - Zona accesible	- Disponibilidad de agua potable en abundancia - Disponibilidad de servicios (luz, carretera, etc.) - Fácil obtención de insumos

Materiales y métodos

Para el desarrollo del proyecto se tendrán tres fases:

Fase I Cultivo

1. *Artes de Cultivo*: según Deveau y Castle (1976) en las Filipinas se han diseñado dos artes de cultivo; el cultivo en red y el cultivo en línea, siendo el segundo el que proporciona un producto más limpio con menos mantenimiento, aunque la producción, por unidad de área, del cultivo en red resulta ser mayor. Así, en este trabajo se proponen ambas

artes de cultivo, de manera que se pueda observar su comportamiento en el área de estudio. Con el fin de mantener las unidades horizontales se les coloca un flotador en cada extremo. Una forma de utilizar con mayor eficacia el área de cultivo, es constituyendo módulos de cuatro unidades (figura 3b) (Deveau y Castle, 1976).

Posteriormente se procede a "sembrar" trozos de alga de 100 a 200 gr (peso húmedo), fijándolos

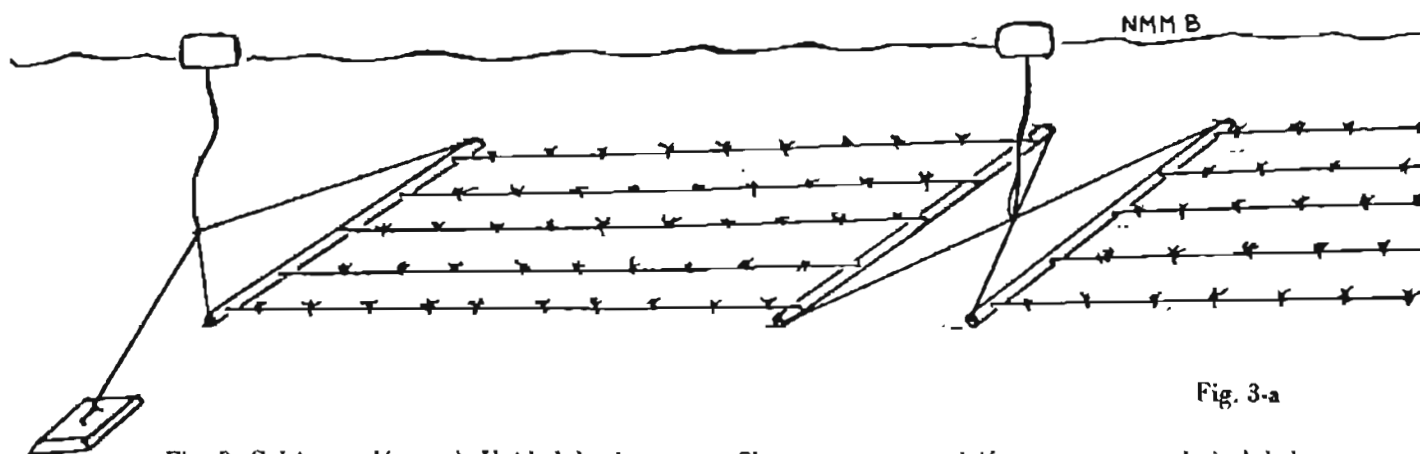


Fig. 3. Cultivo en línea. a) Unidad de cinco monofilamentos y su posición con respecto al nivel de la marea más baja (NMMB). b) Módulo de cuatro unidades. c) Detalle de una línea, mostrando las algas sujetas a la línea y los broches que fijan la línea al tubo.

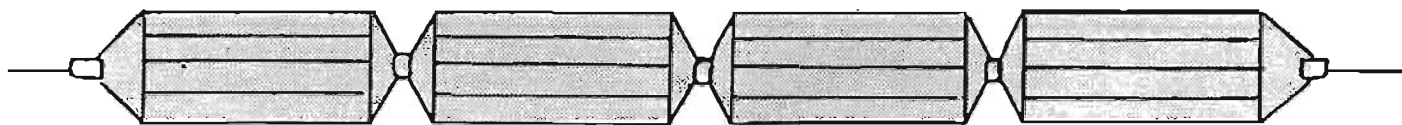


Fig. 3-b

a los monofilamentos mediante cintillas de plástico de 20 cm quedando separados entre sí 30 cm (figura 3c). De esta forma, cada unidad de cinco monofilamentos y cada módulo tendrán 48 y 192 plantas respectivamente.

b) *Cultivo en red*: en este caso, las unidades de cultivo consisten en redes de nylon de 3 x 1.8 m. con la luz de malla de 30 cm y al igual que el cultivo en línea, los módulos se forman con cuatro

res a los iniciales; en las unidades B3 y B4 la cosecha es parcial, dejando porciones de alga del peso mencionado. A los siguientes 45 días se repite la operación, continuando sucesivamente hasta completar el ciclo anual.

Módulos C y D: en estos casos, el mecanismo de cosecha es igual que en el anterior, con la diferencia de que los periodos de cosechas son de 60 y 90 días respectivamente.

De esta manera, las unidades con cosecha total

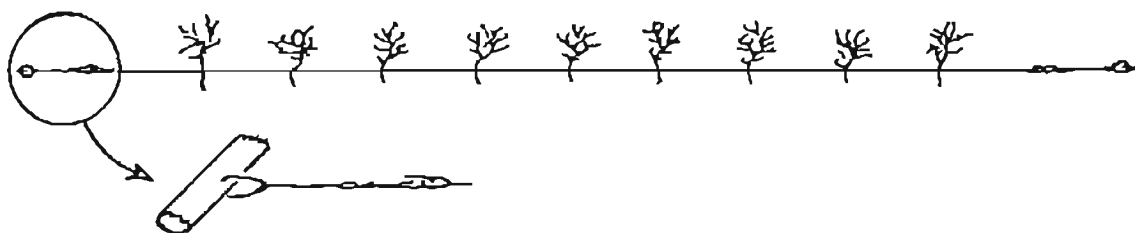


Fig. 3-c

unidades (figura 4). Las plantas son sembradas en cada una de las intersecciones de la red, dando como resultado 56 plantas por unidad y 224 por módulo.

2. *Experimentación*: con el fin de obtener la información completa posible, el estudio experimental que se propone es de un año de duración.

de cada módulo permiten calcular la tasa de crecimiento de las algas durante cada periodo, mientras que las unidades con cosecha parcial, permiten hacer una estimación de la producción obtenible en cada periodo y, con esto, es posible determinar cuál es la mejor estrategia de cosecha.

3. *Mantenimiento*: Parker (1974) y Wheeler

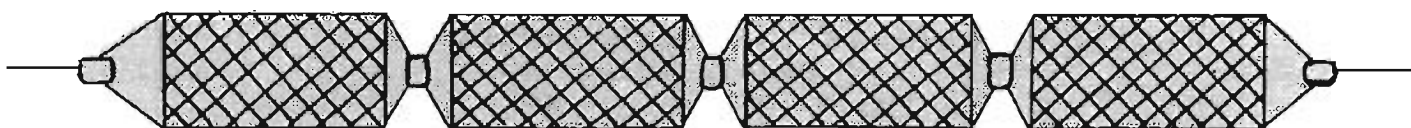


Fig. 4. Cultivo en Red; módulo de cuatro unidades.

De cada arte de cultivo se dispondrán cuatro módulos, de los cuales, uno (módulo A) es utilizado como control, y es en donde se observa la variación natural de la biomasa de las algas a lo largo del año; los tres restantes (módulos B, C y D) son utilizados para la siguiente experimentación (figura 5).

Módulo B: a los 45 días de la siembra, se lleva a cabo la cosecha, siendo total en dos de las unidades (B1 y B2) y se resiembró con trozos simila-

et al. (1981) hacen mención de la importancia que tiene mantener los cultivos libres de epifitos, organismos que viven sobre las algas y que generalmente las afectan de alguna u otra manera, y de organismos pastoreadores, ya que ambos disminuyen la tasa de crecimiento y pueden acabar con el cultivo. La limpieza de epifitos se debe realizar semanalmente raspando con un estropajo suave, líneas y redes, mientras que las plantas deben ser limpiadas manualmente. Los pastoreadores bentó-

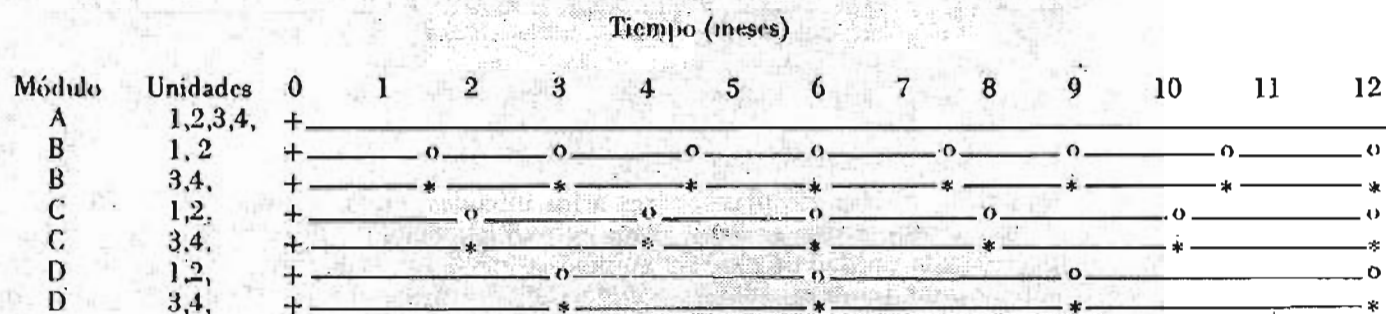


Fig. 5. Cronograma de siembra y cosecha para cada módulo; en donde (+) es siembra inicial, (o) es cosecha total y resiembra y (*) es cosecha parcial.

nicos por lo general erizos y caracoles, serán eliminados manualmente de las áreas aledañas a las artes de cultivo. Los ejemplares que se observen poco saludables serán retirados y analizados en el laboratorio (Parker, 1974).

Russel (1982) y Wheeler et al. (1981) recomiendan el monitoreo de factores fisicoquímicos del área de cultivo a lo largo del ciclo anual. Entre los factores que se mencionan se encuentran: temperatura, salinidad, transparencia del agua y concentración de nutrientes (NO_3 , PO_4); para esto se

Fase II Procesamiento de las muestras.

1. *Extracción de la carragenina*: las muestras obtenidas de las cosechas de cada una de las unidades se secan a temperatura ambiente y se utilizan para la extracción de la carragenina, según el método utilizado por Dawes et al. (figura 6).

2. *Caracterización de la carragenina*: la verificación de la calidad se lleva a cabo mediante dos análisis: fuerza de gel (figura 7a) y viscosidad (figura 7b), Dawes et al. (1977).

Alga seca (30 gr.) + Agua destilada (940 ml.) + NaOH (0.6 gr.)
 Molienda
 Extracción a 85°C con agitación continua 3 hrs.
 Filtración al vacío
 Filtrado + Propanol al 85%
 Agitación
 Secado
 Molienda
 Carragenina seca en polvo

Fig. 6 diagrama de flujo del proceso de extracción de la carragenina.

utilizan termómetro, refractómetro, disco de Secchi y analizador portátil, respectivamente. Las mediciones son semanales.

Fase III Toma y procesamiento de datos

1. *Artes de cultivo*: se determinarán los costos

de los insumos de las artes de cultivo y se hará una estimación de la inversión total anual necesaria para un cultivo de una hectárea (tabla III). Asimismo, se estimará el esfuerzo consumido por cada arte en las labores de instalación, siembra, cuidado y cosecha; el esfuerzo se cuantificará en horas-hombre (Doty, 1973; Doty y Alvarez, 1975).

producción anual por hectárea para cada arte y para cada estrategia de cosecha. Comparando dichas estimaciones mediante un análisis de varianza (Sokal y Rohlf, 1979) se podrá determinar qué arte y qué estrategia de cosecha dan como resultado una mayor producción anual.

3. *Parámetros físicoquímicos*: con los datos se-

Extracto (3.6 gr.) + KCl (.36 gr.) + Agua destilada (176 ml.)
Pesado
Agitación a 80-85° C
Vertido en caja de cristalización (7 cm. diam. x 5 cm. alt.)
Enfriamiento a 10°C por 1 hr.
Probador de geles (pistón de 1.09 cm. diam.)
a)
Extracto (2.7 gr.) + Agua destilada (177.3 ml.)
Agitación continua a 80-85°C.
Enfriamiento a 75°C
Viscosímetro
b)

Fig. 7. Caracterización de la carragenina: a) Fuerza de Gel; b) Viscosidad.

2. *Experimentación*: las algas del módulo A serán observadas durante el ciclo anual, de tal manera que se obtenga información sobre las variaciones naturales de biomasa de la especie en estudio. Las algas cosechadas de los módulos B, C y D se pesarán en húmedo, se secarán y se pesarán en seco. Con los datos obtenidos de las unidades 1 y 2 de estos módulos se determinará la tasa de crecimiento para cada uno y para cada época del año. Con los datos de las unidades 3 y 4 se estimará la producción por unidad para cada época del año. Posteriormente se podrá hacer una estimación de la

manuales se harán series de tiempo anuales de temperatura, salinidad, transparencia del agua y nutrientes (NO_3 , PO_4) para el área de cultivo, posteriormente, se harán correlaciones entre estos factores y las tasas de crecimiento calculados en los módulos.

4. *Extracción de la carragenina*: se evaluará el rendimiento de carragenina (1% de carragenina obtenida de 1 kg de alga seca) a partir de las algas de cada experimento. Mediante una prueba *t* de Student (Sokal y Rohlf, 1979) se determinará de qué arte se obtienen algas con mayor rendimiento

Tabla III. Costos estimados por módulo para cada una de las artes de cultivo (costos de octubre de 1986)

Concepto	Arte de Cultivo		Red	
	Cantidad	Costo por módulo	Cantidad	Costo por módulo
Red de nylon	—	—	4	\$ 3 500
Línea de nylon *80 lb)	100 m	\$ 795	—	—
Tubo (PVC) 1.8 m (3/4 plg)	8	\$ 8 400	8	\$ 8 400
Boya de plástico	5	\$ 20 750	5	\$ 20 750
Alambre galvanizado (No. 16)	8 m	\$ 650	—	—
Broches de metal (bandolas)	40	\$ 4 000	—	—
Cabo de polipropileno (1/8 plg)	35 m	\$ 6 000	35 m	\$ 6 000
Cintillas de plástico	192	300	224	\$ 400
Anclaje de cemento (300 Kg)	2	\$ 7 000	2	\$ 7 000
Costo total		\$ 47 895		\$ 46 050
Costo total/ha (100 módulos/ha)		\$ 4 789 500		\$ 4 605 000

de carragenina. Asimismo, se evaluará la calidad y propiedades de dicho producto.

5. *Factibilidad económica*: a partir de los resultados que se obtengan en el experimento piloto, es posible determinar la factibilidad económica del proyecto a nivel comercial. A pesar de que por el momento no se cuenta con dichos resultados, es posible hacer una estimación de las ganancias que generaría una granja de cultivo similar a las que se encuentran funcionando en Las Filipinas. En el supuesto que en el experimento piloto se obtuviesen resultados comparables con los citados, los cálculos serían como sigue:

Parker (1974) y Deveau y Castle (1977) reporta una tasa de crecimiento diario de 2.5% promedio. Si consideramos que el peso inicial de las plantas es de aproximadamente 200 gr se tiene que, en 90 días el peso de una planta es de 1.8 kg calculado a partir de la ecuación de la figura 8; posteriormente, se cosechan 1.6 kg y si se consideran 9 meses productivos, se observa que se obtendrían cerca de 4.8 kg anuales por planta.

Un módulo del arte de cultivo en línea tiene 192 plantas, por lo cual una hectárea con 100 módulos tendrá 19200 ejemplares; entonces, la producción estimada será de 4.8 kg x 19200 algas = 92160 kg/ha/año de este total de peso húmedo, el 13% (Parker, 1974) es el peso seco, por lo cual la producción es de 11980 kg/ha/año.

Si la cotización actual de 1 kg de alga seca, fluctúa entre \$ 350 y \$ 400 pesos, entonces el valor total de la producción sería de \$ 400 x 11980 kg = \$ 4,792,000 pesos/ha/año.

Ahora bien, el rendimiento aproximado de carragenina a partir del alga seca, es de 35% (Dawes et al. 1974) entonces la producción estimada de carragenina es de 11980 kg x 0.35 = 4193 kg de carragenina/ha/año.

El valor de importación promedio de carragenina para los primeros meses de 1986 fue de 8.92 dólares/kg (Fuente: SPP), por lo cual el valor de la producción asciende a 8.92 dls x 4193 kg = 37,400

$$P_t = P_0 e^{kt}$$

donde:

P_0 = Peso inicial (200 gr.)

P_t = Peso final (incógnita)

e = exponencial

k = constante de crecimiento (2.5%) = .025

t = tiempo (90 días).

Fig. 8. Ecuación utilizada para calcular el crecimiento de las algas en cultivo (Parker, 1974).

dls/ha/año.

Descontando los gastos que la inversión inicial implica y los gastos de producción, se puede pensar *grosso modo* que el proyecto es factible a escala comercial.

Conclusiones

Dado que en la República Mexicana cada día se hace más necesario el desarrollo de nuevas industrias que permitan la independencia tecnológica y económica se ha trabajado en este proyecto con el fin de lograr tal objetivo.

El cultivo e industrialización del alga *eucheuma* sp. en México, puede llegar a ser una actividad bastante rentable, que generaría los siguientes beneficios:

1. Si el cultivo e industrialización son llevados a cabo por una sociedad cooperativa, ésta incrementaría en mucho sus ingresos, lo cual repercute directamente en el mejoramiento del nivel de vida de la comunidad. Ahora bien, si es realizado por la iniciativa privada, se abriría una fuente de empleo importante.

2. Se contaría con una tecnología de cultivo que podría ser aplicada en diferentes regiones del país.

3. Se eliminaría la salida de divisas que la actual importación de la carragenina implica.

De esta manera, es notoria la importancia del presente proyecto dada la necesidad de contar con un estudio a nivel piloto de este proceso.

Referencias

- Dawes, C. J., N. F. Stanley y D. J. Stancioff, 1977, "Seasonal reproductive aspects of plant chemistry and i-carragenan from floridian *eucheuma* (rhodophyta, gigartinales)", *Botánica marina* vol. XX: 137-147.
- Dawson, E. Y., 1961, "Marine red algae in Pacific Mexico. Part. 4: gigartinales", *Pacific naturalist* 2(5): pp. 191-343.
- Deveau, L. E. y J. R. Castle, 1976, "The industrial development of farmed *eucheuma* in the Philippines and USA" *FAO Technical Conference in Aquaculture*, Kyoto, Japan, 26 May 2 June, 1976; *FIR: AQ/Conf./76/E*, 56, 6 pp.
- Doty, M. S., 1973, "Farming the red seaweed, *eucheuma*, for carrageenans", *Micronesica* 9(1): pp. 59-73.
- Doty, M. S. y V. B. Alvarez, 1973, "Seaweed farms: a new approach for U. S. industry", *Proc. Mar. Tech. Soc. IXth Annual Conference*, Washington, D. C. pp. 701-708.
- FMC, 1977, *Carragenan*, Monograph Núm. 1, Marine Colloids Division, FMC Corporation, 36 pp.
- Guzmán del Proo, S. A., 1969, "Los recursos vegetales marinos de Baja California", *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6 pp. 685-690.
- Huguenin, J. E. 1978, "A subjective analysis of alternate approaches to mass culturing seaweeds", *Proc. World Maric. Soc.* VIII: pp. 387-400.
- Jensen, A., 1977, "Industrial utilization of seaweed in the past, present and future", *Proc. Int. Seaweed Symp.* 9: pp. 17-37.
- Levring, C. P., S. D. Hope y V. M. Schmid, 1969, *Marine algae*, Walter de Gruyter & Co. Publ. Berlin. 372 pp.
- Parker, H., 1974, "The culture of the red algal genus *eucheuma* in the Philippines", *Aquaculture* 3: pp. 425-439.
- Russell, D. J., 1982, "Introduction of *eucheuma* to Fanning Atoll, Kiribati, for the purpose of mariculture", *Micronesica* 18: pp. 35-44.
- Sokal, R. y W. Rohlf, 1979, *Biometría*, Trillas, México. 614 pp.
- SPP, *Anuarios estadísticos de comercio exterior*, SECOFIN, México.
- Seaty, T. L., 1980, *The analytic hierarchy process*, Mc. Graw Hill Inc., EU, 285 pp.
- Wheeler, W. N., M. Neushul y B. W. Harger, 1981, "Development of a coastal marine farm and its associated problems", *Proc. Int. Seaweed Symp.* 10: pp. 631-636.

Materialismo y avance científico



Thomas A. Brody *

1

Las relaciones mutuas entre filosofía e investigación científica son múltiples, profundas y sutiles. No siempre se reconoce esta verdad; y los defectos de ignorarla o deformarla pueden ser nefastos. Varios de sus aspectos casi no se han estudiado; no sabemos, por ejemplo, nada más que algunos lugares comunes sobre la influencia que el pensamiento científico tiene en el desarrollo de la ética; las implicaciones de la creatividad científica en filosofía estética o el concepto de elegancia de una teoría esperan aún su autor; y para los filósofos políticos las futuras consecuencias del espíritu profundamente democrático del método científico siguen siendo una incógnita —como también se da poca consideración a la interacción inversa, la que permitiría influenciar el crecimiento científico a través de medidas políticas.

*Instituto de Física, UNAM

Apdo. Postal 20-364

México 20; D F

Pero por importantes que sean estas cuestiones, el problema central, cuya solución se requiere para poder atacarlas, es el ontológico; precisar una relación entre concepciones ontológicas (en el sentido más general) y teorías científicas, precisarla en tal forma que las teorías puedan desarrollarse ampliamente sobre bases filosóficas apropiadas, mientras estas bases se vean enriquecidas por el desarrollo científico mismo.

Quisiera introducir aquí una distinción entre principios ontológicos y principios metafísicos que tal vez no corresponda al uso habitual de estos términos pero que se revelará útil en lo que sigue. Un principio pertenece a la ontología si resulta básico para entender lo que constituye la investigación científica sin que esté ligado directamente a un resultado o concepto específico de la ciencia; en cambio, un concepto se llamará metafísico si es consecuencia, extensión o generalización de una concepción científica particular. Desde luego un principio ontológico en este sentido nunca puede ser independiente del trabajo científico: pero se puede concebir como una posición subyacente, común, la cual por ende recibe apoyo u oposición, no en una investigación particular, ni siquiera de una ciencia particular, sino a través del esfuerzo científico como un todo. No existe, para tomar un ejemplo, ningún dato de laboratorio ni tampoco ninguna conclusión teórica que invalide una posición solipsista; pero sí es evidente que el solipsismo es incompatible con el empeño científico en general, revelándose ser así una concepción ontológica más que metafísica.

Por otro lado los principios ontológicos tienen lazos estrechos con los principios gnoseológicos; posiciones metafísicas, en cambio, rara vez implican algo respecto a la gnoseología. Un ejemplo de esta situación se verá más adelante.

La distinción que aquí propongo es relevante ya que es la posición ontológica la que resultará básicamente filosófica: las ideas metafísicas, en

cambio, se revelan como generalizaciones no siempre justificadas—extrapolaciones— de puntos de vista surgidos de ciencias particulares; con frecuencia engendran confusiones y dificultades cuando se les quiere aplicar fuera del alcance de estas teorías.

Esto es particularmente cierto para la ontología materialista, la cual con tediosa regularidad se ha confundido con presupuestos metafísicos. El materialismo como concepción ontológica no involucra más que tres ideas fundamentales:

- que el universo existe en forma independiente y anterior a toda observación;
- que el universo se deja subdividir en sistemas que cambian y evolucionan mientras existen, siendo que ningún cambio ocurre espontáneamente;¹
- y finalmente que la mente humana es un sistema de esta índole, pero dotado de la capacidad de simular dinámicamente procesos externos a él.

Es evidente que no ha habido escuela de pensamiento materialista que se haya limitado a estos principios; siempre el desarrollo de las ideas, y en los últimos tres siglos muy específicamente de las ideas científicas, ha hecho que la palabra "materialismo" se interprete como si conllevara también concepciones específicas de orden metafísico: que la materia es lo único que existe, por ejemplo, entendiendo por materia lo que pesa; que la materia está formada de átomos inmutables; que sólo hay energía, la cual algunos han supuesto que a veces se condensa en átomos; que existe un éter porta-

¹ Si quisiera yo detallar más este principio, que en otros contextos he llamado el de la separabilidad parcial, habría que agregar que esta subdivisión —y se trata aquí no, o más bien no solamente, de una subdivisión conceptual, sino de una actividad concreta y de laboratorio— es siempre aproximada, se puede hacer de muchas formas pero nunca es arbitraria.



Las ilustraciones de Peter Bruegel (? — 1569) han sido tomadas del libro de Arthur Klein *Mundos Gráficos de Peter Bruegel el viejo*

dor de la energía radiante; o que la ontología materialista necesariamente involucra el determinismo en el sentido laplaciano.

Todas estas nociones particulares tienen su origen en diversas teorías científicas; ninguna de ellas basta para abarcar lo que sugiere la totalidad de las teorías, ni siquiera de las actualmente vigentes. Aún más grave, estas concepciones representan limitaciones para el desarrollo continuado de la investigación, precisamente porque prejuzgan allí donde se requiere la apertura a lo nuevo: representan posiciones demasiado fijas.

Ilustraré en lo que sigue este punto con la discusión de dos de estas posiciones, el continuismo y el atomismo. Del segundo se han hecho amplias extrapolaciones filosóficas; el primero hasta la fecha no ha ascendido a tal dignidad, pero sí ha tenido una influencia nada despreciable en las ideas generales de muchos científicos. Estas ilustraciones servirán después para sacar algunas conclusiones.

II

Durante toda la edad media el continuismo persistió como la idea más simple sobre la constitución de la materia, sin alcanzar la elaboración y extensión a las que reservamos el nombre de teoría. En parte eso era porque entonces como también después suscitaba cierta sospecha filosófica, dado que la idea de la divisibilidad indefinidamente continuada de los cuerpos materiales es muy difícil de cernir. Pero no existía alternativa: las concepciones atomistas de ciertas escuelas griegas quedaban sin comprobación alguna y —peor aún— olían a lo que hoy en día llamaríamos “subversión”.

En la época del capitalismo ascendente la nueva ciencia física generó varias teorías de índole continuista, y a pesar de sus dificultades filosóficas la noción empezó a adquirir consistencia y a llamar la atención de los pensadores. Había la teoría de los dos fluidos eléctricos, aceptada plenamente por Benjamín Franklin, por ejemplo; el calor tam-

bién se consideraba como un fluido perfectamente continuo, al que Lavoisier dio el nombre de calórico, y no fue sino a comienzos del siglo pasado que los experimentos de aquel aventurero extraordinario, Rumford, hicieron retroceder a los caloristas. Finalmente, en óptica la teoría ondulatoria de Huyghens, de índole continuista, estaba sólidamente establecida; sólo en nuestros tiempos logró la mecánica cuántica resucitar las nociones corpusculares de Newton.

Detrás de estas teorías y dándoles un respaldo eficaz se habían desarrollado las técnicas matemáticas del continuismo, teniendo a la cabeza el cálculo infinitesimal y el análisis. A partir de los trabajos fundamentales de Newton y Leibniz, una larga serie de matemáticos lograron no sólo extender sino solidificar estas ramas, al punto de constituir en el siglo pasado la base esencial y casi exclusiva de la física teórica. Estas técnicas, incluso, sirvieron a la única excepción en el cuadro continuista, pero una excepción de peso: la mecánica, en donde el atomismo newtoniano seguía dando frutos ricos y variados. Desde el punto de vista de la fundamentación esta situación podía parecer poco satisfactoria, dado que de la mecánica, considerada como la piedra angular de la física, se esperaba poder deducir sus otras ramas; pero entre aquellas generaciones de físicos, poco dados a filosofar, esta aparente contradicción nunca suscitó serias preocupaciones.

Fue éste el cuadro en que cayó el descubrimiento del principio de la conservación de la energía. Los experimentos de Rumford y Humphrey Davy habían sentado las bases de una teoría mecánica del calor, pero esta teoría no podía realmente tomar forma hasta que en los años cuarenta del siglo pasado Mayer, Joule, Colding y otros establecieron que en la conversión de calor en energía de movimiento mecánico y viceversa nada se pierde. Este principio tuvo un efecto profundo: le dio a la energía un grado de realidad y casi tangibilidad que nunca antes había tenido, y así la dotó de un signi-





ficado mucho mayor.

El descubrimiento de esta ley de conservación estimuló fuertemente el crecimiento de la teoría física, pero en dos direcciones opuestas. Por un lado, arrancó de allí la mecánica estadística, renovando la concepción mecánica del calor a un nivel superior; ésta es la dirección atomista que discutiré más adelante. Por otro lado, la ley de la conservación de la energía completó el cuadro básico de la termodinámica, de la cual forma la primera ley;² esta rama de la física, asociada con los nombres de Clausius, Kelvin, Rankine, Clapeyron, Maxwell y muchos más, tiene una estructura estrictamente continuista. No se hace ninguna suposición sobre la constitución interna de los sistemas descritos por ella, más allá de la idea muy general de que un sistema es capaz de existir en un continuo de diferentes estados, los cuales pueden especificarse con unas pocas variables de estado, mientras todas las demás propiedades pueden deducirse mediante una relación entre las variables de estado, relación que se conoce como la ecuación de estado y que caracteriza el sistema. Nada de átomos ni de moléculas, de velocidades ni de colisiones: las típicas variables de estado son presión, temperatura, volumen, energía interna, entropía. Son variables que describen el estado macroscópico, observable del sistema; en ello reside a la vez la gran fuerza y la limitación de la termodinámica. Su fuerza proviene del hecho de que sus ideas y técnicas son aplicables a cualquier sistema material, de que sus cuatro leyes fundamentales son válidas a través del universo;³ pero esta universalidad es limitada porque la termodinámica sólo describe y no explica. Es una teoría fenomenológica, en la cual es irrelevante la estructura microscópica de los objetos que estudia;

para no citar sino un punto, no es capaz de derivar las ecuaciones de estado que se necesitan: hay que inyectarlas desde afuera, obteniéndolas del experimento o de una teoría molecular.

Pero lo que más llamaba la atención en el siglo diecinueve era que la termodinámica es enormemente útil: fue la base del entendimiento teórico de casi toda la industria de aquel entonces, desde la máquina de vapor hasta las afinidades y reacciones químicas. Esta utilidad radica precisamente en su universalidad; y dado el papel central que juega la energía, en la termodinámica no parece asombroso que Rankine concibiera la energía como el elemento primordial de todo.

He aquí el punto preciso donde el continuismo pasó de ser un concepto físico para convertirse en extrapolación metafísica, en el sentido que señalé al comienzo. Una teoría física puede muy bien ser continuista como lo es la termodinámica, aunque a su lado existan otras teorías físicas que no lo son; la mecánica estadística, en particular, es atomista desde su comienzo, y como veremos éste es un hecho significativo. No hay conflicto ni contradicción aquí (más que en apariencia), dado que cada teoría tiene su alcance dentro del cual "funciona" con muy buena aproximación y fuera del cual falla cada vez más burdamente. Si los alcances de dos teorías se recortan, esto crea entonces un problema específico (resoluble mediante investigación en física) y no una dificultad de índole filosófica. Pero si se intenta extender la idea del cotinuismo más allá de los alcances de sus teorías físicas, entonces surgen dificultades. Se puede mantener lá base de una ontología materialista: entonces el continuismo toma el cariz de un modelo para la constitución de la materia. Solamente que en la segunda mitad del siglo XIX este modelo ya no era aceptable, porque entraba en conflicto con demasiados conocimientos bien establecidos que sólo se prestaban a interpretaciones atómicas. Se puede, alternativamente, postular que el continuismo no es un modelo de la materia y solamente consti-

² La numeración de estas leyes no es cronológica; se descubrieron en el orden 2 (Sadi Carnot en 1824), 1 (Mayer, Joule, Colding y Helmholtz entre 1840 y 1847), 3 (Nernst en 1916) y 0 (Fowler en 1931).

³ O por lo menos mientras valga la aproximación euclidiana: aún no tenemos una verdadera termodinámica relativista.



tuye un marco descriptivo de los resultados experimentales; pero entonces hay que abandonar la ontología materialista. Vemos aquí las razones que rápidamente convirtieron al energetismo, de un materialismo franco si bien simplista, en el energetismo de Ostwald, Duhem y Mach, sofisticado pero profusamente opuesto al materialismo:

Si hoy en día un físico o un químico quiere darse como hombre progresista, declara que la materia y la energía son dos entidades semejantes o paralelas y define las ciencias físicas como las ciencias de la transformación de estas dos cosas indestructibles... Se verá que el dualismo mismo de materia y energía puede suprimirse, ya que la noción de materia ni siquiera es particularmente acertada.

Naturalmente, el dualismo espíritu-materia se desvanece al mismo tiempo y surge la pregunta de saber cuál es la relación de la energía con el espíritu. Ahora bien —y éste es el paso adelante más significativo que se haya dado en estos asuntos— según la ciencia estas dos nociones son de la misma índole, y la noción de espíritu se confunde en la de energía.⁴

En las circunstancias que reinaban en el mundo hacia fines del siglo pasado, un materialismo simple y optimista ya no parecía de buen tono; las crisis económicas profundas acompañaban la creciente oposición entre las grandes potencias, y en vez de la paz y del progreso que había prometido la primera mitad del siglo amenazaban ya el estancamiento y aun la guerra. Es comprensible entonces que las concepciones ostwaldianas hayan encontrado una acogida calurosa; es menos comprensible que por lo menos en el continente europeo (y en menor grado en Inglaterra) se haya tenido que luchar durante una generación para convencer a los físicos que el energetismo deformaba y castraba su ciencia, cerrando las puertas de la investiga-

ción. En aras de formular con suficiente generalidad el concepto de energía, los energetistas abandonaban distinciones esenciales e introducían nociones inconsistentes;⁵ no es de sorprenderse que sus teorías no funcionaban más que para situaciones completamente reversibles, dejando de lado todo fenómeno disipativo y la mayor parte de la termodinámica química. Como concluye Planck, “una teoría que para garantizar su existencia se ve obligada a descartar los problemas reales ya no tiene raíces en el campo de la ciencia sino en el de la metafísica, fuera del alcance de las armas empíricas”.

Resultó así que al extrapolarse de su concepción científica inicial, el continuismo perdió sus fundamentos materialistas y se convirtió en un obstáculo para el avance científico con el cual Boltzmann, Felix Klein, Planck y otros más tuvieron que librar una batalla muy dura.

III

La doctrina del atomismo ha seguido una trayectoria bien distinta de la del continuismo. Se originó como concepción filosófica asociada al materialismo de Empédocles, Demócrito y Lucrecio; asociación que le mereció el olvido casi total durante la edad media. Pero cuando reapareció, fue en dos formas distintas. Primero hubo lo que podríamos llamar un atomismo conceptual o abstracto que es lo que se encuentra detrás de la mecánica newtoniana; aquí se acepta la idea del corpúsculo, un objeto que tiene masa pero cuyas dimensiones son despreciables comparadas con el ta-

⁵ Ostwald deduce o identifica la segunda ley de la termodinámica con el principio de la transitividad de identidades ($a = b$ y $b = c$ implican que $a = c$); desde luego se obtiene mucho mayor generalidad, al precio de perder el significado de la segunda ley para los procesos con sentido temporal: Helm, otro energetista, obtiene que en un proceso cíclico la entropía de un cuerpo puede aumentar o disminuir. Por otro lado se manejaba mucho el concepto de “energía de volumen”, definido como $p dV$; pero a distinción de la energía interna la energía de volumen no es una variable de estado.

⁴ W. Ostwald, *L'Energie*, Alcan, Paris 1910.

maño de su trayectoria —en la terminología moderna se llama un punto-masa—. Este es un atomismo abstracto porque no identifica sus átomos como objetos reales sino los utiliza como un modelo que se adapta a las necesidades del caso: en un cálculo astronómico la tierra es generalmente tomada como un punto-masa, y para computar la caída libre de una pelota ésta es un punto-masa y la tierra un cuerpo de superficie plana con extensión infinita.

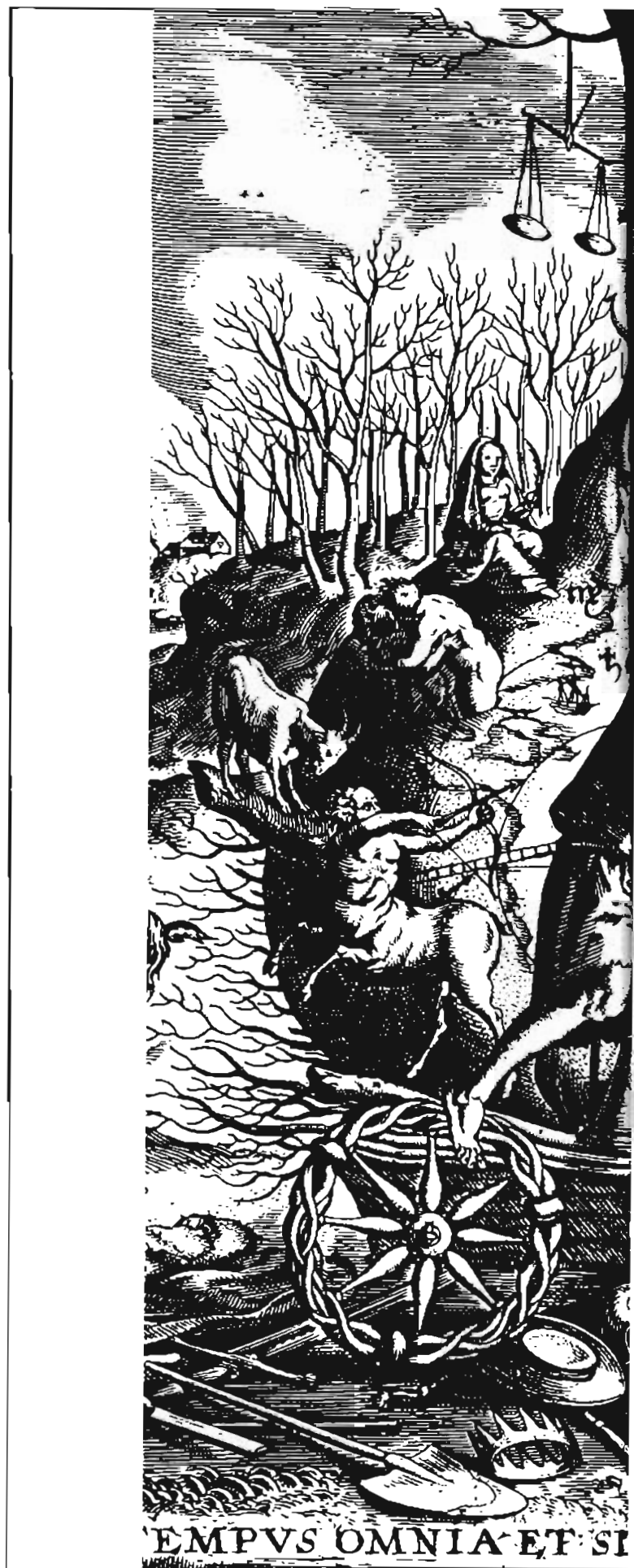
El atomismo físico difiere en eso: es una teoría de la estructura de la materia que supone la existencia de átomos con propiedades y tamaño fijos, no variables de problema a problema; yuxtaponiendo estos átomos en diversas configuraciones geométricas obtenemos los sólidos, amontonándolos en posiciones arbitrarias y constantemente cambiantes resultan los fluidos (líquidos y gases). Históricamente el atomismo abstracto es obra de Newton al sentar las bases de la mecánica clásica, el atomismo físico se debe (en su forma moderna) a John Dalton, a comienzos del siglo pasado.

Pero sería incorrecto pensar que entre las dos formas del atomismo no hay conexión. La hay histórica, ya que la óptica del mismo Newton, por ejemplo, postula átomos físicos para explicar la naturaleza de la luz. La hay también conceptual, porque con el simple abandono del concepto primitivo y filosóficamente difícil de la indivisibilidad del átomo, el atomismo físico empieza a hacerse cada vez más sutil hasta no ser mucho más que la noción muy abstracta de que todo se forma de corpúsculos que se juntan sin transformarse, o siquiera la noción aún más abstracta de que lo discreto, las transiciones abruptas entre puntos, las cuantizaciones, son lo normal en la naturaleza.

Diluyendo así el atomismo físico a la simple negación del antiguo lema de que *natura non facit saltus* recuperamos el atomismo abstracto en una nueva forma.

Observemos aquí que la mecánica cuántica contiene importantes elementos de un atomismo muy abstracto: el fenómeno de la cuantización, de que sólo se admite una serie de valores discretos para las variables que se mueven en un intervalo restringido. Al lado de este atomismo abstracto la misma teoría contiene una serie de aspectos continuistas que no necesitamos detallar; esta situación se refleja, entre otros puntos, en las confusiones entre las interpretaciones ondulatoria y corpuscular de la teoría. Pero la mecánica cuántica no es sólo una teoría general. Se aplica muy especialmente al comportamiento de partículas específicas: núcleos y electrones para la física atómica y molecular, protones y neutrones en el ámbito de la física nuclear, varios centenares de otros corpúsculos en la física de partículas elementales. Aquí, pues, tenemos un caso bien importante de atomismo físico concreto.

Notamos esto no tanto por su significado para la clasificación de los conceptos de la física, indudable pero irrelevante aquí, sino porque la distinción entre los dos tipos de atomismo juega un papel filosófico y el no distinguir entre ellos ha sido



TEMPVS OMNIA ET SI



causa de muchas ambigüedades. Esta situación se comprende a la luz de cómo se desarrolló históricamente: el atomismo físico en su sentido más directo —la existencia real de átomos y moléculas como componentes de los cuerpos que nos rodean— se tuvo que establecer en una lucha aguda contra los prejuicios continuistas de los energetistas como Ostwald y de los fenomenalistas como Mach; que su principal defensor, Boltzmann, se haya identificado abiertamente con las fuerzas democráticas en las luchas políticas en la Viena de su tiempo también jugó un cierto papel en el desenvolvimiento.

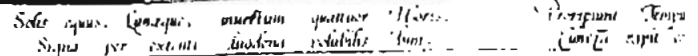
Hacia comienzos de este siglo se había acumulado una evidencia experimental impresionante que terminó por darle la victoria al atomismo físico. Los fisicoquímicos lograron finalmente establecer pesos atómicos consistentes; Mendeleev sistematizó las propiedades de los elementos químicos en su tabla periódica; Einstein sentó las bases teóricas para el entendimiento del movimiento browniano y Perrin aprovechó esta teoría para determinar el tamaño y otras propiedades fundamentales de los átomos; finalmente, la mecánica estadística, teoría atómica *par excellence*, logró una extensa serie de confirmaciones experimentales que incluía fenómenos tan diversos como lo son el calor específico de gases y sólidos, la emisión termiónica de electrones, la susceptibilidad magnética y su variación con la temperatura, la difusión en gases y líquidos, ciertas observaciones respecto de la fricción en gases, la cinética de las reacciones químicas y hasta el color azul del cielo. La avalancha de éxitos era tal que produjo un cambio brusco en el clima intelectual; ser atomista adquirió un sabor progresista, y el propio Mach tuvo que reconocer haberse equivocado.

El atomismo abstracto prosperó en este clima, se sistematizó y se extendió, al punto de volverse doctrina filosófica. Bertrand Russell formuló su atomismo lógico, y más tarde los enunciados protocolarios de Carnap surgieron de la misma noción central. Lo que es más significativo es que el concepto mismo penetró en el transfondo común de ideas, al punto de hacerse natural e incontrovertible. Wittgenstein le dio expresión al decir que el mundo consiste de “hechos atómicos, cada uno de los cuales puede ser el caso o no ser el caso, todo lo demás permaneciendo igual”.⁶ Que la selección de lo que se considera “hechos atómicos” es relativamente arbitraria, que no son a tal punto independientes que se puede cambiar uno sin afectar a todos los demás, y que con igual justificación el mundo se puede considerar como constituido de procesos de los cuales un “hecho atómico” no es sino instantáneo, estos puntos le escapaban no sólo a Wittgenstein sino a toda una generación de filósofos. Hablar de hechos aquí en vez de otros elementos corresponde a la posición ontológica del Wittgenstein de la época, idealista al punto de acoger hasta el solipsismo; pero la misma independencia rigurosa entre elementos se manifiesta cuando los

⁶ L. Wittgenstein, *Tractatus logico-philosophicus*, 1.21

Concebir como cerrado, aislado de influencias externas, al sistema que se estudia permite al científico simplificar su tarea e incluso, simple y llanamente, hacerla posible; le permite olvidarse del resto del universo; pero esto no puede ser más que una primera aproximación, tan sólo porque un sistema realmente cerrado no tendría interacción alguna entre él y el mundo externo al cual pertenecemos, y ni siquiera nos percaríamos de su existencia. En el siglo pasado se tuvo una clara conciencia de ello, evidenciada por el desarrollo de múlti-

⁹ Ver p. ej. M. Bunge, *Amer. J. Phys.* 24 (1956) 272; T. A. Brody et al., *Rev. Mex. Fís.* 25 (1976) E 31; y del punto de vista filosófico, T. A. Brody en la obra colectiva *La filosofía y la ciencia en nuestros días*, Grijalbo, México 1976, p. 9.



¹⁰ T. A. Brody, A. M. Cetto y L. de la Peña, *Rev. Mex. Fís.*, por publicarse; T. A. Brody, en *La filosofía y las revoluciones científicas*, Grijalbo, México, 1979, p. 49; T. W. Marshall, "Brownian Motion and Quasi-Markov Processes IV", reporte interno, Depto. de Matemáticas, Univ. de Manchester, 1979.



Otra vez se observa aquí, al igual que para el continuismo, que una concepción metafísica resulta de la extrapolación de un concepto originalmente científico; una vez extrapolada y hecha elemento universal la concepción pierde sus raíces en la ontología materialista; y al final crea obstáculos para el desarrollo de la ciencia misma de donde surgió. En el caso del atomismo es interesante notar que con su conversión en supuesto metafísico se tornó obstáculo también para el desarrollo filosófico: los átomos lógicos guardan su sentido mientras se consideren relativos y constituyen puntos de partida apropiadamente seleccionados para cada investigación; pero si, siguiendo a Carnap, buscamos átomos lógicos absolutos, se acumulan las contradicciones y los absurdos —a menos que adoptemos la solución de Otto Neurath, quien recomendó dejar la decisión de lo que es átomo lógico y lo que no a la sociología de la ciencia...

IV

Estos dos ejemplos parecen suficientes para establecer la utilidad de distinguir entre principios

ontológicos y nociones metafísicas. Mientras estas últimas se empleen de manera científica, es decir como conceptos no necesariamente exclusivos, con límites de validez que habrá que explorar y en último análisis hasta tentativos, resultan fructíferas; elevadas al rango de verdades universales empiezan a defraudarnos. El materialismo como filosofía no se puede identificar con ellas. En forma enteramente análoga a los casos que discutimos en detalle podemos eliminar como conceptos básicos al determinismo laplaciano o al indeterminismo total; el lector hallará fácilmente otros ejemplos de conceptos científicos que han recibido una apoteosis indebida de esta índole.

Pero ¿habrá que concluir que los tres puntos con que caractericé la ontología materialista son sacrosantos? De ninguna manera, al igual que los conceptos metafísicos tendrán que someterse al juicio que proporciona el desarrollo científico. Solamente que el tribunal es otro, por la evidente razón de que el grado de generalidad de la ontología es mucho mayor. En el caso de un supuesto metafísico (o, más correctamente, del concepto científico que le dio origen) le corresponde a la ciencia particular de donde surgió establecer su valor, circunscribir sus límites de validez, ligarlo con otros conceptos relevantes; o, alternatively, mostrar que carece de sentido. Así le sucedió por ejemplo al energetismo, o a otro supuesto metafísico aún más trasnochado: el vitalismo.

Pero los ingredientes de una ontología materialista no se pueden evaluar a la luz de un área científica específica: su campo abarca toda la ciencia y no se aplican directamente a una ciencia particular; por mucho que conviene suponerlos para dar un significado plausible a los resultados de cualquier investigación, ninguna los involucra como postulados. Pero sí entran en forma indirecta. Son la base conceptual de la gnoseología del proceder científico, de la epistemología en su sentido propio.

La investigación científica se caracteriza por la repetición continua de un ciclo que empieza con un modelo teórico del sistema bajo estudio, deduce su comportamiento bajo ciertas condiciones, luego pasa al laboratorio donde se realizan estas condiciones y se registra el comportamiento real del sistema, y termina corrigiendo la teoría a la luz de las discrepancias entre el comportamiento predicho y el real. Este ciclo (que en otras ocasiones he llamado ciclo epistémico) es el elemento básico. Desde luego una investigación particular puede involucrar mucho más y también mucho menos: el modelo teórico inicial se crea por un esfuerzo de imaginación disciplinada, concebir el experimento requiere otro esfuerzo de creación original, y el ciclo no se lleva a cabo en completo aislamiento sino estrechamente ligado a otros ciclos e incluso a otras actividades no directamente científicas; por otro lado es raro que se logre una vuelta completa del ciclo en un solo trabajo de investigación y en ocasiones cerrar el ciclo puede necesitar muchos años y varios grupos de



PREMIO DE BIOMEDICINA: "DR. FRANCISCO MARIN"
PREMIO DE FISICA: "FRANCISCO DE P. TENORIO"
PREMIO DE TECNOLOGIA: "ESTEBAN DE ANTUÑANO"



Para trabajos de investigación publicados, o aceptados para publicación, en revistas especializadas y realizados por personas residentes en Puebla y en instituciones establecidas en esta entidad

CADA PREMIO SERA DE \$500,000.00 Y DIPLOMA

B A S E S

- 1 Los interesados deben enviar 3 (tres) sobreiros del trabajo publicado despues del 1 de enero de 1984, o fotocopia del original si se encuentra en prensa, en cuyo caso anexaran fotocopia de la carta del editor de la revista donde se acepta el trabajo para publicación
 - 2 Carta del director de la institucion donde se realizo el trabajo, certificando que el(los) autor(es) radica(n) en Puebla
 - 3 **Curriculum vitae** resumido del(de los) autor(es) del trabajo. En caso de que sean varios, basta el del autor principal. En todo caso debe indicarse Nombre(s) completo(s), cargo(s), direccion y telefono
- No hay limite para el numero de trabajos presentados por un mismo investigador o grupo de investigadores
 - Pueden volver a concursar los trabajos participantes en los Premios Estatales 1985 a excepcion de los ganadores y de los que menciona la siguiente clausula
 - No podran concursar trabajos cuyo primer autor haya sido en 1985 o 1986, primer autor de un trabajo premiado, en la misma area de ciencia o tecnologia
 - Si el trabajo ganador fue realizado por un grupo de investigadores, el primer autor recibirá el premio y su distribucion o destino sera decision de todos los coautores.
 - El Jurado sera designado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnologia, su juicio será inapelable y podran considerar desierto algun premio

FECHA LIMITE PARA RECIBIR TRABAJOS 28 de agosto de 1987

CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA

científicos. Aquí, sin embargo, basta considerar el ciclo epistémico simple, en el cual ya se observa el punto de interés: el hecho de que producir conocimiento científico involucra de manera esencial la interferencia activa y planeada con una parte específica del universo. Es esta interferencia, esta alteración en nuestro ambiente, la que constituye el "motor" del proceso y le confiere la potencialidad (aunque sin garantía) de mejorar nuestra imagen del mundo.¹¹

Es ahora evidente que en este tipo de proceso epistémico vienen bastante directamente implícitos los tres puntos de la ontología materialista que se mencionaron al principio. El primer punto le confiere sentido al proceso, el segundo aclara cómo es posible y cuáles son sus límites, y el tercero hace posible explicitar la naturaleza del modelo teórico.

Está claro también de qué manera resulta posible el cuestionamiento de la ontología materialista: se le debe cuestionar en donde falla la conceptualización del ciclo epistémico. No es el que falle un ciclo epistémico particular lo que implica cambios en la estructuración de la ciencia particular en la

cual funciona el ciclo, sino donde falla el principio mismo de los ciclos epistémicos donde se debe reconocer que no es posible ya que un ciclo epistémico nos proporcione conocimiento. Y si a pesar de ello resultase posible adelantar en la investigación científica, habrá que repensar los fundamentos de la ontología. Mucho antes de ello, por supuesto, el desarrollo de todos los métodos empleados en las diferentes ciencias nos obligará a reformular los principios de la ontología materialista en una forma más clara, más coherente. Pero, dado el extraordinario éxito que han tenido las investigaciones científicas en los últimos siglos, y las obvias posibilidades que todavía les quedan para los próximos tiempos, el abandono de esta ontología no parece ofrecer una alternativa viable; modificaciones, refinamientos, reformulaciones, éstas sí pueden resultar necesarias.

Cabe subrayar aquí que este materialismo es bien ontológico, no epistemológico en el sentido de que depende de su epistemología: la epistemología es su campo de prueba, cuyos frutos permiten examinarlo críticamente, mantenerlo sano y hacerlo evolucionar. Pero no es la epistemología la que le da su sentido, sino la ontología la que le da sentido a la epistemología, la cual sin sus principios materialistas quedaría arbitraria e inexplicable.

¹¹ Una discusión más amplia del ciclo epistémico se encuentra en T. A. Brody, *Implicaciones epistemológicas de la inteligencia artificial*, IFUNAM 76-402, México 1976.

La primordialidad de la materia y la mecánica cuántica

Luis de la Peña*

I

Antes de entrar en materia, quisiera tejer algunos comentarios en torno a temas tratados por Brody en su intervención en esta misma mesa. Permítanme iniciar mi exposición con el señalamiento de algunos lugares comunes; creo que ello es conveniente, pese al riesgo de cansarlos, pues habré de emplear el lenguaje del físico, con toda su deformación profesional y temo que ello pudiera generar algunas confusiones que vale la pena tratar de evitar en lo posible.

Brody insistía en que la ontología materialista debe basarse en el postulado de la primordialidad de la materia, abstrayendo de toda concepción específica de orden metafísico —uso su lenguaje— acerca de qué es, cómo es, la materia; sin embargo, señalaba con tediosa regularidad: la ontología materialista se ha confundido con presupuestos metafísicos.

Esta tesis encierra, temo, el riesgo de un malentendido que vale la pena prevenir. Si consideramos que los presupuestos metafísicos a que hacemos referencia se originan a partir de las ciencias particulares —de hecho, son extrapolaciones no garantizadas del conocimiento científico— y se demanda prescindir de ellos al construir la ontología materialista, podría parecer en una primera impresión que ello es equivalente a declarar que el materialismo filosófico tiene un carácter precientífico si no es que acientífico. Esta es una conclusión esencialmente errónea, como un breve razonar permite ver. En efecto,

* Instituto de Física, UNAM.

bastaría analizar someramente, por ejemplo, los tres postulados que el mismo Brody utilizó para definir la ontología materialista,¹ para percibir de inmediato que ellos no son sino el producto de la experiencia colectiva y reiterada del hombre, es decir, producto de la observación del mundo, críticamente analizada y, en consecuencia, tienen un carácter eminentemente científico, independiente de su elementaridad intrínseca.

De no contar el materialismo filosófico con un soporte científico, no podría resistir la prueba a la que sistemáticamente lo somete el propio desarrollo científico. Y es éste precisamente el origen de la gran atracción que el materialismo ejerce sobre el científico: su perseverante consecuencia con el conocimiento científico.

Por ejemplo, la hipótesis básica y central del materialismo, que establece que el mundo existe en forma independiente, objetiva y anterior a toda observación, no es en forma alguna un principio dado *a priori*; por lo contrario, se ha requerido dar un largo camino y hacer un serio esfuerzo de abstracción recogiendo la experiencia colectiva para llegar a él.

Vemos así que debemos entender el materialismo filosófico como una doctrina derivada del análisis crítico de nuestro interactuar con el mundo y aceptarlo como una concepción racional del mundo, consistente con nuestra expresión y que no es ni acientífico ni precientífico. En consecuencia, debemos admitir —y esto lo comprueba la historia de la filosofía— que la ontología materialista se desarrolla junto con el conocimiento humano. Podríamos precisar esto: el materialismo filosófico es científico pero no es el resultado de ninguna ciencia en particular, sino de la suma total de conocimiento científico. Para ser objetiva, cada ciencia debe conformarse a él; para ser moderno, el materialismo filosófico debe a su vez conformarse a lo mejor de cada ciencia.

La noción de ontología ma-

rialista que estoy defendiendo obviamente está en contradicción con la noción más tradicional del materialismo extremo que proclama que todo lo que existe es materia. Existen el círculo y el número 2; existen las teorías científicas y las filosóficas; existe el poder político y existen las ideologías y ninguno de estos es antes materia. Pero no tengo que remontarme al terreno de lo conceptual para mostrar algo que existe y no es materia; permítame recordar un ejemplo tomado de la física, la ciencia natural por excelencia: el sonido. El sonido con que les hablo y ustedes me escuchan no es materia: es un proceso vibratorio que se da en la materia.

Vemos que lo que existe y constituye el mundo es materia y procesos materiales. Estos últimos, los procesos materiales, pueden ser externos (como lo es el sonido que se propaga en el aire) o internos (como son los conceptos, las ideas, los colores). En consecuencia, el materialismo contiene al mundo subjetivo como parte del mundo material, como conjunto de procesos materiales que se dan en la mente humana, y en la sociedad.

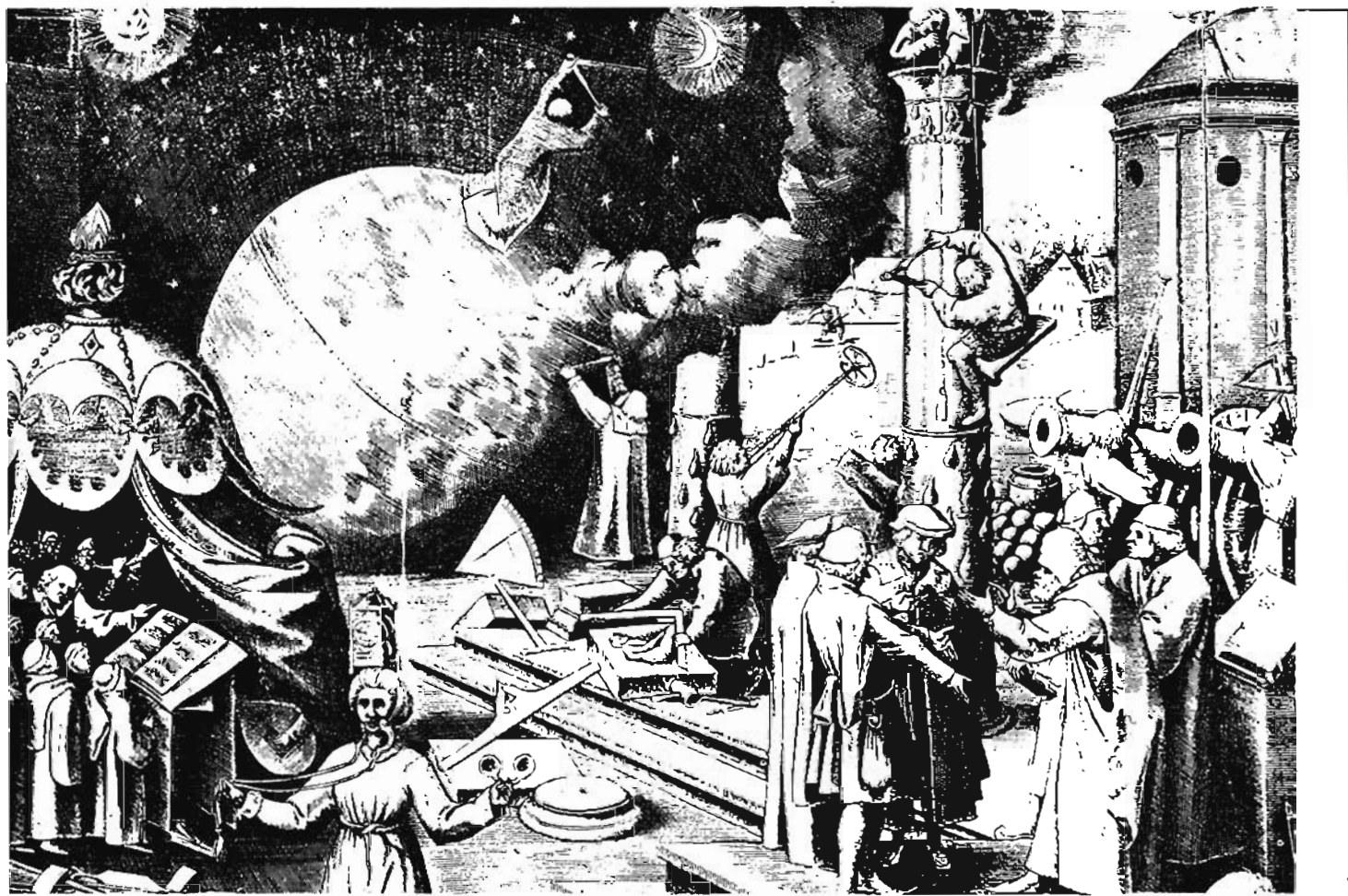
Así pues, el materialismo, para ser completo y congruente consigo mismo, debe incluir como parte de él al sujeto, con su bagaje de ideas, concepciones, prejuicios y filosofías, incluyendo las idealistas: todo ello forma parte del mundo material y de sus procesos y fenómenos.

Si aceptamos que el materialismo filosófico se desarrolla con el desarrollo genérico del conocimiento científico, tenemos que aceptar que el hecho de que se vea obligado a postular la existencia objetiva de la materia sin estar en condiciones de dar una definición precisa y definitiva de ella, no hace de ésta, la materia, sino una dificultad que, lejos de invalidarlo como doctrina filosófica, sólo muestra que la ciencia misma y, muy en particular, los físicos, no han hecho posible tal definición.

Más aún. La etapa alcanzada de nuestros conocimientos nos permite afirmar que la pretensión



de una tal definición carece de sentido. El concepto de materia, como cualquier otro concepto suficientemente general de la física —y con mayor razón en este caso, cuando tratamos de un concepto que pertenece a todas las ciencias— es plurívoco no podemos pretender definirlo en forma unívoca, de tal manera que una noción universal fuera válida en toda circunstancia. Si este no es el caso para nociones tan simples como la de longitud o la de masa, ¿qué derecho tendrían a demandar *a priori* la posibilidad de una definición universal y final de materia? La materia para un astrónomo no es lo mismo que la materia para un físico de partículas elementales o para un zoólogo: ellos estudian diferentes niveles de organización de la materia y, por lo tanto, diferentes formas de manifestación de ellos; cada uno se interesa sólo en algún o algunos aspectos de la materia, mientras que la materia es el conjunto de todos sus aspectos, observados o no, entendidos o no.



Me atrevería a ir más lejos y decir que en el momento en que el materialismo filosófico pretenda poseer una definición universal y definitiva de materia, en ese momento habría dejado de ser materialismo.

Lo anterior, naturalmente, no implica en forma alguna que no sea necesario y posible formular criterios que permitan distinguir lo que es material de lo que no lo es; estos criterios deben de hecho emerger de las ciencias particulares y de sus métodos. Pero esta observación de inmediato refuerza lo anterior: como estamos absolutamente seguros que aún no conocemos todas las ciencias que el hombre habrá de conocer —en mi optimismo descarto la eventualidad de una guerra genocida— estamos en consecuencia también seguros de que aún no conocemos todos los criterios válidos de materialidad.

II

Después de estas breves consideraciones tan generales, permítan-

me tocar algunos puntos sugeridos por la mecánica cuántica, esta moderna teoría de la estructura de la materia, de la que tantas técnicas y tanta filosofía han emergido.

La mecánica cuántica —nos enseñan los textos— ha mostrado que el electrón, ese corpúsculo fundamental constitutivo del átomo, no es precisamente eso, sino algo más activo, que ora se manifiesta como corpúsculo, ora lo hace como onda. Esto se dice fácilmente y tanto lo hemos oído que como cualquier otro slogan comercial, lo hemos ya tomado como cierto. Pero si se piensa en lo que realmente significa, descubriremos que no es cosa tan simple e inocente el aceptarlo; de hecho, si este es el caso, fácilmente podemos concluir que su hallazgo constituye el descubrimiento filosófico —ya no sólo científico— mayor en lo que va del siglo. Vale pues la pena detenerse a analizar un poco más profundamente el asunto.

En primer lugar, aclaremos la idea. Concebir al electrón como

un corpúsculo no creo que conduzca a mayores problemas conceptuales y doy por hecho que todos lo podemos hacer sin mayor dificultad. Pero piénsese ahora que lanzamos uno de estos electrones (dentro de una cámara de vacío, etc., etc., para no perturbar indebidamente su movimiento) contra algo así como una coladera y nos preguntamos por cuál de todos los agujeros de la coladera pasa el electrón. Pues bien, la sorprendente respuesta que da la mecánica cuántica es ésta: pasa por todos. Sí, exacto, por todos a la vez. ¿Que cómo lo hace? Bien, encontrándose de pronto frente a la necesidad de tomar una decisión, con un espíritu envidiablemente democrático, el electrón decide trasmutarse en onda, llenar todo el espacio y así, esponjadito, estar en condiciones de tratar a todos los agujeros con la misma atención. Este ejemplo, que no es una exageración, muestra ya el terreno en que nos estamos moviendo. Sorprendente es el hecho de que el electrón posee propie-

dades ondulatorias, lo que, por ejemplo, nos obliga a asignarle dimensiones y estructura arbitrarias e incluso macroscópicas: un electrón podría por sí solo llenar este salón según esta concepción —que junto con otras son *sui generis*, por ejemplo. La velocidad de propagación de la onda electrónica depende, no del medio en que se propaga, sino de la energía del electrón puntual que la genera. Pero aún más sorprendente es el hecho de que el pasaje de la manifestación corpuscular a la manifestación ondulatoria se realiza cuando el electrón se enfrenta a una alternativa como la de tener que decidir por cuál agujero pasar.

Estoy empleando un lenguaje subjetivo para narrar el resultado de un experimento con electrones; cualquiera que haya tenido la oportunidad de curiosear por algún texto de mecánica cuántica aceptará que éste es precisamente el tipo de lenguaje que se emplea en ellos. Para justificarlo como científico, no ha faltado quién llegue al extremo de dotar al electrón de una subjetividad propia —algo así como el germen, el ladrillo, de la subjetividad *macroscópica*.

El caso es claramente excepcional y lo podemos dejar de lado; pero al adoptar esta solución caemos de bruces en el idealismo. Ya en esta línea ¿por qué no ser consecuentes y concluir con Heisenberg que esta onda que asociamos al electrón, lo que realmente describe no es el electrón, sino nuestro conocimiento del comportamiento del electrón? Hemos empezado en el terreno de la física y el experimento nos ha transportado al de la psicología. Describíamos al principio un electrón corpuscular; pasamos luego a una onda que pasamos a identificar como una probabilidad; para terminar, considerando a esta probabilidad como una medida de nuestra ignorancia y descubrir entonces que la física nos permite escribir ecuaciones que describen nuestros procesos mentales acerca del electrón. Lo que más admiro de esta descripción es la claridad con que ella demuestra

cómo la onda de nuestra ignorancia puede propagarse hasta invadir todo el espacio.

Esa tendencia, tan característica de la mente humana cultivada, a dar carácter absoluto a resultados científicos particulares —responsable, en particular, de ese gusto para transformar el conocimiento científico en metafísica— ha actuado obviamente en el campo de la mecánica cuántica. Acabamos de ver la fertilidad del terreno; no es extraña pues la actitud de Bohr, de Heisenberg y tantos otros —incluso algunos que se autocalificarán de dialécticos— para hacer de la buena ciencia del electrón una mala metafísica.

Yo intentaría resumir la situación afirmando que la mecánica cuántica ha elevado nuestra ignorancia a la categoría de principio físico —absolutizándola— y de ahí ha partido para hacer filosofía.

Permítanme explicarme. Todo lo antes dicho del electrón —que es corpúsculo, que es onda, que se trata de una onda de probabilidad, etc.—, así como lo que se dice en los textos de mecánica cuántica de tenor similar, no es conocimiento científico. Se trata, simple y llanamente de una interpretación, de una lectura filosóficamente prefijada, del conocimiento científico. Lo que la física establece —con la solidez y maleabilidad de todo otro conocimiento físico fundamental— es la existencia de ciertas peculiaridades del comportamiento del electrón. Por ejemplo, que un electrón manifiesta un comportamiento aleatorio aun en ausencia de causas externas obvias, mientras que un conjunto estadístico de electrones dinámicamente equivalentes en algún sentido específico, manifiesta un comportamiento regular bien determinado. Es precisamente este comportamiento estadístico el que revela poseer caracteres asimilables a los de los fenómenos ondulatorios. El resto es interpretación. Y así como el positivismo vistió con un ropaje subjetivo toda esta fenomenología dando lugar a la interpretación de Copenhague referi-

da anteriormente, también es posible leer a la naturaleza en este caso con un lenguaje objetivo y materialista. Simplemente, basta con reconocer que estamos frente a una fenomenología nueva, que revela la existencia de causas externas no obvias y aún desconocidas, generadoras del comportamiento aleatorio del electrón individual, y a la vez, de su comportamiento estadístico ondulatorio. Esto no sólo es físicamente legítimo, sino filosóficamente sano: la física moderna no sólo no está reñida con el materialismo filosófico, sino que lo refrenda al constatar que la fenomenología de la materia es mucho más rica que lo que se deriva de la vieja física clásica.

Lo que nos ha inducido a generar el esquema ortodoxo ha sido suponer que el hecho de que el electrón manifiesta un comportamiento aleatorio sin causa externa aparente, implica en efecto un comportamiento esencialmente aleatorio del electrón *per se*. Esta hipótesis tiene su apoyo en un dogma absolutamente injustificado: la ausencia de causa aparente implica la inexistencia de causa real. He aquí otro ejemplo de absolutización del conocimiento factual, que desborda los marcos de la ciencia. Es nuestra ignorancia de las causas que generan el comportamiento *sui generis* del electrón lo que nos impide entender cabalmente la física del problema. Al postular gratuitamente la inexistencia de tales causas y elevar a categoría de principio el libre albedrío del electrón abrimos una puerta al idealismo y cerramos otra a una física riquísima: precisamente la que nos permitiría entender qué pasa con el electrón. El preguntarse sobre esta física constituye hoy en día una herejía que excede lo que cualquier físico disciplinado puede soportar sin perder la compostura. Pero en el fondo no hay en ello nada de singular: la física contemporánea posee los elementos teóricos necesarios para iniciar la exploración de esta región del mundo físico, por

lo que la pregunta no es sólo legítima, sino plausible y actual. Y urgente —me agrada-
ría añadir.

Afortunadamente, algunos pa-
sos se han dado ya, tratando de
responder a estas inquietudes;
la investigación respectiva —que
recoge lo más sano y dinámico
de la tradición materialista de la
física— se encuentra aún en una
etapa muy incipiente, debido en
mucho a que el clima reinante
de dogma y *autosatisfacción* ha
inhibido no sólo esta clase de
estudios, sino la expresión misma
de la propia inquietud e insatis-
facción, y, más aún la libre dis-
cusión de los fundamentos mis-
mos de la física cuántica. Como
no nos es posible entrar aquí
en detalles, además de que aún
no está enteramente claro cuál
de todas las posibles vías pro-
puestas de salida habrá de con-
solidarse en la práctica en el fu-
turo, nos hemos de contentar
aquí con referir al lector intere-
sado a la literatura sobre el te-
ma para ampliar su información.

Referencias

¹ T. A. Brody, "Materialismo y avance científico".

² Ver por ejemplo, E. E. Witmar, "Interpretation of quantum mechanics and the future of physics", *American Journal of Physics*, núm. 35, 1967, pp. 40-52.

³ M. Jammer, *The philosophy of quantum mechanics*, Wiley, 1974.

⁴ T. A. Brody, A. M. Cetto y L. de la Peña, "Hacia una formulación causal de la mecánica cuántica", *Revista Mexicana de Física*, núm. 26, 1979, pp. 59-87.

⁵ L. de la Peña y A. M. Cetto, "Why Schrödinger's Equation?", *Int. Journal Quantum Chemical*, XII, suppl. 1, 1977, p. 23.

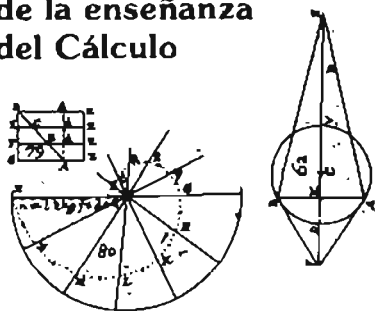
Los trabajos de Luis de la Peña y Thomas A. Brody, así como los de Ulises Moulines y Mario H. Otero ("Los conceptos de materia y sus dificultades" y "El concepto de materia y el materialismo", respectivamente; *Elementos*, núm. 10), fueron presentados en el Coloquio Nacional de Filosofía realizado en la UAP. La mesa sobre materialismo y filosofía fue coordinada por el doctor Mario H. Otero, quién publicó una antología sobre el tema en el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM.

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Cinvestav



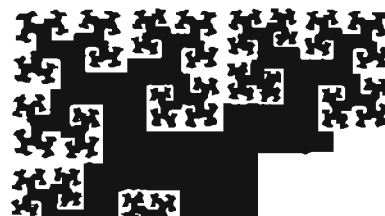
Juan José Rivaud

Acerca de la enseñanza del Cálculo



Miguel Angel Pérez Angón

25 años de Física



José Antonio Robles

Enseñación cosmológica o de los peligros que representa el dejarse atrapar por los misterios de los hoyos negros

Guillermo Massieu

La Universidad y las necesidades de la sociedad contemporánea



Alicia García Bergua

Del conocimiento peligroso

II Escuela Nacional Propedeútica y de Actualización

La Segunda Escuela Nacional Propedeútica y de Actualización se celebrará en las instalaciones del Departamento de Física del Instituto de Ciencias de la Universidad de Puebla, en la Ciudad de Puebla, del 22 de junio al 21 de agosto de 1987. En esta escuela se ofrecen cuatro cursos propedeúticos para ingresar a los programas de Maestría en Física de seis instituciones nacionales. Los cursos propedeúticos que se ofrecen son:

- Mecánica Clásica,
- Electromagnetismo,
- Termodinámica y
- Métodos Matemáticos.

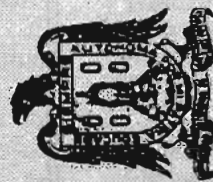
Se tienen disponibles becas para estudiantes de Física o carreras afines que deseen participar en esta escuela. Para mayor información, dirigirse a cualquiera de las personas abajo indicadas o directamente a las instituciones participantes:



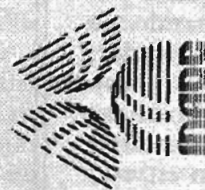
Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla, Maestría en Física: Dr. Rafael Baquero, Depto. de Física, IOUAP, Apdo. Postal J-48, 72000 Puebla, Pue., Tel. (22) 45 7645.



Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, Maestría en Ciencias (Física): Dr. Armando Antillón, IF-U. de Gto., Apdo. Postal E-143, 37000 León, Gto., Tel. (471) 6 6733.



Instituto de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Maestría en Ciencias (Física): Dr. Rubén A. Rodríguez, IFUASLP, Manuel Nava 3, 78240 San Luis Potosí, S.L.P., Tel. (461) 3 7557.



Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Maestría en Ciencias (Óptica): Dr. Jesús Pedraza, Coordinador del Grupo de Óptica, Apdo. Postal 51 y 216, 72000 Puebla, Pue., Tel. (22) 47 0500, Ext. 191.



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Maestría en Ciencias (Física): Dr. Alberto García, Depto. de Física, CINVESTAV-IPN, Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F., Tel. 754 6476.



Universidad de Sonora, Maestría en Física: Dr. Raúl Acévez, Centro de Investigación en Física, UNISON, Apdo. Postal A-88, 83190 Hermosillo, Sonora, Tel. (621) 2 5492, Ext. 160.

Los antecedentes especulativos de la matematización de la realidad en Giordano Bruno

Carlos Mendoza Alvarez*

Del infinito vuelven a nacer
siempre,
nuevas cantidades de materia.

Giordano Bruno**



Introducción

Giordano Bruno representa una forma de frontera entre el pensamiento especulativo escolástico y la revolución renacentista que dio origen al mundo moderno.

Por tal motivo las ideas fundamentales de su pensar exigen ser ubicadas en el plano metafísico en el que se manejan causas y principios de orden universal y necesario, según aquello de Aristóteles: "la filosofía es la ciencia de las causas primeras".¹

Citamos a Aristóteles porque, a pesar de la aversión del nolano al pensamiento cosmológico del Estagirita y sus decadentes discípulos los peripatéticos,² Bruno jamás abandonó la estructura originaria del pensamiento aristotélico, se incluyó en las perspectivas del Acto Puro propuesto por Aristóteles, y tampoco abandonó la consideración de un único principio rector del universo.

* Facultad de Filosofía, Universidad de Friburgo, Suiza.

** Giordano Bruno, *Sobre el infinito universo y mundos*, Epístola introductoria, Aguilar, Buenos Aires, 1972, p. 73.

¹ Aristóteles, *Metafísica*, I, p. 3.

² Bruno satirizó a través de su personaje Burquio, la estrechez de espíritu de los escolásticos: "Aunque la infinitud sea verdad yo no lo quiero creer, porque no es posible que este infinito sea entendido por mi cabeza ni digerido por mi estómago, aún cuando, por así decirlo, quisiera que fuese como dice Filoteo (quien representa a Bruno), porque si por mala suerte, sucediese que yo me cayese de este mundo, encontraría siempre algún lugar." (*Sobre el infinito universo y mundos*, Aguilar, Buenos Aires, 1972, p. 80.)

Bruno es pues un pensador típico de la crisis renacentista que fluye entre lo finito y lo infinito, lo móvil y lo permanente, lo científico y lo poético.

Pero la importancia que hemos descubierto como fundamental en la figura de Bruno es su papel de precursor de la ciencia moderna, pero entiéndase, en el orden especulativo, es decir, en cuanto que él cultivó la matematización del universo a partir de unos principios metafísicos que mostraban cuál era el carácter de la constitución última del universo, de sus leyes y cualidades. En este sentido Giordano Bruno es junto con Nicolás de Cusa, un autor indispensable para la buena comprensión de la cultura moderna basada en la cuantificación de lo real, abandonando lo meramente cualitativo y fortaleciendo la medición, la mensuración de toda realidad en el universo.

En la *Historia de las ciencias* de René Taton, se atribuye a una intuición el paso de una ciencia de cualidades a la ciencia de la cuantificación moderna:

Por una intuición genial que lo hizo adelantarse a los descubrimientos telescópicos de Galileo y superar ampliamente las concepciones de Digges o Benedetti, Bruno captó el infinitismo esencial de la nueva astronomía y opuso a la visión medieval de un cosmos ordenado y finito —visión que aunque modificada, dominaba todavía el pensamiento de Copérnico e incluso de Kepler— su propia intuición de un “universo infinito”, “inmenso y no enumerable”, poblado por infinitud de “mundos” semejantes al nuestro.³

Sin embargo no fue una intuición gratuita, salida como de la nada, lo que llevó a Bruno a esta aseveración del infinito. Pensamos que la insuficiencia de la física aristotélica (entiéndase distinta de su metafísica), condujo a los pensadores renacentistas a la búsqueda de nuevas explicaciones. Su pasión por los antiguos griegos, heredada de las escuelas neoplatóni-

cas y neopitagóricas renacidas en Italia y los Países Bajos, unida al arte de la cábala y a las técnicas lulianas, llevó a Bruno al intento de matematizar la naturaleza para ver en ella una inmensa máquina capaz de fabricarse y manejarse a través de sus leyes matemáticas de número y figura.⁴

Por eso Pitágoras y Arquímedes son asumidos por la nueva filosofía, como llamaba Bruno a su obra que intentará revolucionar las ideas de los estáticos.

Queremos analizar los planteamientos de Bruno partiendo de sus nociones metafísicas, puesto que ellas son el fundamento clave de todo el sistema. Pasamos después a los principios epistemológicos que se implican del apartado primero, para concluir deduciendo lo que específicamente se refiere al aspecto de la cuantificación del continuo del universo, definido como extensión sucesiva.

Esperamos que este esfuerzo nos ayude a comprender un poco más los importantes fundamentos y antecedentes en los que se funda toda la problemática de la ciencia moderna, surgida después del renacimiento de los valores matemáticos, para reconocer sus alcances así como sus propias limitaciones.

2. Nociones metafísicas

El origen primitivo del pensar filosófico fue la pregunta por la razón última de lo real. De la misma manera Giordano Bruno escudriñó la naturaleza en pos del universo. Sus nociones metafísicas de la unicidad de la *sustancia universal*, animada en la immanencia de sí misma, representan la clave interna de toda su elaboración filosófica.

El problema central de Bruno parece ser el de la identificación entre *naturaleza* y *ser*, entre *mundo* y *mente*: “la naturaleza intrínseca de las cosas es el principio vital del ente, es la mente, dios, el ser”.⁵

Aunque hemos de señalar que en el desarrollo de su pensamiento encontramos una evolución de la

afirmación de la trascendencia de dios pasa al convencimiento de su inmanencia, es decir, que dios, el ser, se encuentre como el todo de todo, fuera y dentro. Es la presencia del ser en el mundo lo que marcó los caminos realistas de la filosofía nolana:

*Deum esse infinitum in infinito, ubique in omnibus, non supra, non extra, sed presentissimum, sicut entitas non est extra et supra entia, non est natura extranaturalia, bonitas extra bonum nulla est.*⁶

Así la mente se interpreta como la presencia animadora del universo, su sustento ontológico y la categoría primaria que lo explica.

Vamos a analizar por tanto, los aspectos centrales de la visión metafísica de Bruno fundamentada en la unicidad sustancial de lo real.

a. El entendimiento universal

Existe para la “nueva filosofía” un entendimiento universal que vivifica todo lo existente: “estando presente donde quiera como principio de vida, movimiento y conocimiento; un vínculo universal de amor liga y unifica todas las cosas”.⁷

Este entendimiento universal (*Anima omnia*) analíticamente puede ser comprendido a la manera de la potencia activa aristotélica, que actualiza y vuelve pleno lo posible. Para Bruno lo posible es infinito, inconmesurable, y por consiguiente, su causa eficiente lo ha de ser también:

es necesario conocer en la naturaleza dos géneros de sustancia, uno, acto sustancialísimo, en que está la potencia activa de todo; el otro, potencia y sujeto, en que no es menor la potencia pasiva de todo.⁸

En principio esta potencia animadora es distinta de la que es animada, es decir, que Bruno comien-

³ René Taton, et al., *Historia general de las ciencias*, Edic. Destino, Barcelona, 1972, V. II, p. 88.

⁴ Cf. *Ibid.*, p. 222.

⁵ Citado en Mondolfo, *Tres filósofos del Renacimiento*, Edit. Losada, Buenos Aires, 1947, p. 53.

⁶ De inmenso 1-2, p. 312, Apud. Fraile, *Historia de la filosofía III*, BAC, Madrid, 1978, p. 188.

⁷ Mondolfo, *op. cit.*, p. 55.

⁸ De causa I. Apud. Mondolfo, *op. cit.*, p. 57.

La una no existe de ninguna manera sin la otra (...) porque cada una de las dos potencias implica a la otra; quiero decir que al ser hecha real ella, hace real necesariamente la otra. Ambas son bajo todo aspecto una cosa única y absolutamente la misma.⁹

Dos géneros de sustancia se reducen a un único ser y a una sola raíz. Por lo cual no será cosa difícil, ni molesta aceptar al fin, que el todo, según la sustancia es uno, así como tal vez lo entendió Parménides.¹⁰

Hemos elegido respetar esta distinción de principio y señalarla para no caer en la fácil clasificación de monista con la que se despacha a Bruno en la historia del pensamiento filosófico. Su filosofía incluye nociones que preludian y orientan el desarrollo del pensar moderno, de Descartes hasta Spinoza y Hegel.

⁹ *Ibid.*, p. 58.

¹⁰ *De causa, Ibid, p. 60.*



Por otra parte, la que se refiere al monismo sustancial con que explica el universo, Bruno se acerca extraordinariamente al impetuoso surgimiento de la filosofía en la antigua Grecia, con las escuelas presocráticas, pitagóricas y neoplatónicas. El mundo es la emanación del *principio-unidad*. La efusión del uno en lo múltiple es necesaria como efecto de la actividad inmanente de dios. El universo se yergue viviente y dotado de un alma universal que lo gobierna. El entendimiento es la raíz del orden cósmico, y por tanto, la fuente de la inteligibilidad del mundo. Sobre la base de la racionalidad del mundo, el historiador Lamanna comenta:

La inteligibilidad de la naturaleza por la razón consiste en la reductibilidad de la misma a la unidad de una sustancia en la que todas las diferencias y oposiciones se neutralizan.¹¹

De ahí la importancia del reconocimiento de la actividad del entendimiento universal, cuya función es la de hacer inteligible al mundo en tanto orden establecido en el que todo queda insertado como partes de un todo silencioso que se mueve en las regiones profundas de su intimidad, y donde el hombre se descubre presente.

b. La materia única

*Quid est quod est?
Ipsum quod fuit.
Quid est quod fuit?
Ipsum quod est.
Nihil sub sole novum.*

Ec I, IX

Ya habíamos mencionado el carácter relativo del análisis que distingue el entendimiento universal de la materia única.

“Bruno pasó de una larga orientación materialista en filosofía—diez años de acuerdo con los citados lugares de los heroicos furors— hasta lograr una iluminación nueva, como por un relámpago, de improviso, cuando resplandeció en

su mente la nueva intuición de la infinita unidad y animación universal.”¹²

La orientación materialista de Bruno fue un primer momento de su pensamiento, en el que no estando satisfecho de la interpretación peripatética, y seducido por los sistemas de Lucrecio y de Demócrito, asumió la antigua tesis árabe que concibe a la materia como sustancia y a las formas como accidentes. (Cf. Avicena, *De anima*, libro 1, cap. 1, y *Metafísica*, libro 1, cap. 6.)

Sin embargo él mismo rectificó posteriormente escribiendo acerca de sí mismo:

Algunos pensadores pretenden que las formas no son más que ciertas disposiciones accidentales de la materia. Y yo mismo durante mucho tiempo me he adherido a esta opinión (...) pero tras duras reflexiones, teniendo más cosas a la vista, hallamos que es necesario reconocer en la naturaleza dos suertes de sustancias, la una que es forma y la otra que es materia: porque es preciso que haya un acto sustancialísimo en el que se encuentre la potencia activa de todo, y asimismo una posibilidad y un sujeto en los que no haya una menor potencia pasiva de todo: en el primero está la potencia de hacer, en la segunda la potencia de ser hecho.¹³

Por esta razón Giordano Bruno replantea el problema de la sustancialidad de la materia: ¿es posible saber qué es?

Precisamente a través del método lógico de análisis es posible desentrañar la naturaleza de la materia posible, violentando de alguna manera, mediante el análisis abstractivo, la única realidad del ser. La materia es potencia suave, capacidad de recibir, y, por eso mismo, es ella la que contiene a todas las formas. Es el receptáculo del entendimiento universal:

Yo no determino si toda la forma va acompañada de la materia según el ser; con seguridad afirmo

que la materia en ninguna de sus partes se halla desprovista de aquella, salvo que la consideremos lógicamente, como hace Aristóteles, que no se cansa de dividir con la razón aquello que es indiviso en su naturaleza y verdad.¹⁴

La materia viene a ser el *continuo* en el que todas las formas se insertan; de la cual proceden, y a la cual regresan después de todo movimiento. Es como la totalidad que envuelve la plenitud del acto. A la unicidad del entendimiento le corresponde ahora la unicidad de la materia.

“La materia única —señala Kristeller— no es puramente negativa, sino que contiene en sí misma a todas las formas, apartándose de Aristóteles que concebía la materia como posibilidad pura.”¹⁵

La materia por tanto, tiene una constitución subjetiva, de ente real que incluye las formas. Por tanto, el universo viene a ser homogéneo y continuo, es decir, *extenso*. Y queda abierta la brecha que conduzca a la racionalización de dicho continuo que, dadas las características de la razón humana, será matematizado por la ciencia moderna.

El universo real es único, con una sola alma y multitud de rostros. Es un fluido en movimiento en el que nada se pierde porque todo se asimila a él. De aquí se deriva el optimismo vital de Bruno expresado en el *furor heroico*.

Además los cambios fenoménicos son entendidos como mutaciones accidentales de la única realidad permanente. Todo se torna presente en todo:

Cada cosa cambia, nada se aniquila; es uno solo lo que no puede cambiar, uno solo es eterno y puede perseverar eternamente uno, semejante y el mismo. Este uno solo —escribe Mondolfo— es la totalidad universal que permanece idéntica en el cambio incesante de las cosas particulares.¹⁶

¹² Mondolfo, *op. cit.* p. 12.

¹¹ Lamanna, *El pensamiento en la Edad Media y el Renacimiento*, Editorial Hachette, Buenos Aires, 1960, p. 299.

¹³ *De causa III*. Texto seleccionado por Gómez de Liaño en *Mundo, magia, memoria*, Edit. Taurus, Madrid, 1973, p. 101.

¹⁴ *De causa II*, *Ibid.*, p. 93.

¹⁵ Kristeller, *Ocho filósofos del Renacimiento*, FCE, Brev. 210, México, 1970, p. 178.

¹⁶ Mondolfo, *op. cit.* pp. 17-18.



Finalmente retomemos la noción de materia homogénea animada intrínsecamente, pues a partir de ella, proseguimos la indagación del lugar de la mente humana en el todo infinito.

c. La razón humana

Si el universo se nos presenta como un todo ordenado por la *inteligencia* que todo lo penetra, la razón humana misma será por tanto, una expresión o emanación de *eterna fuente* de la que brota la vida cósmica. "Una misma luz brilla en todos los grados de la existencia cósmica, aún cuando se trasluce con distinta intensidad en cada uno de ellos. Desde la gota que se hace redonda para conservarse, y desde la paja que se contrae para evitar el fuego (...) hasta el hombre, en fin, que en su desarrollo y actividad despliega los distintos grados de su facultad cognoscitiva, (en todos ellos) siempre obra y se manifiesta la misma inteligencia universal, que mueve y gobierna todas las cosas."¹⁷

Cuáles sean los grados de esta potencia cognoscitiva por la que no sólo el hombre, sino por él todo el universo, se hace consciente, adquiere una respuesta peculiar en la filosofía nolana.

La razón humana contempla, no ordena. Descubre un orden matemático.¹⁸ También ella misma se incluye en dicho orden. Y según se aboque a la consideración de lo múltiple y lo particular (*explicatio rationis*), o a lo eterno y único (*complicatio intellectus*) será denominada razón o intelecto.

Por ambos caminos se concluye con las leyes del *todo* universal que representa la infinitud divina.

Por tales motivos Bruno exige que busquemos lo uno en los seres múltiples, lo idéntico en lo diverso. Hemos de llegar a sentir el origen y la animación de todo lo diverso.¹⁹ En este fundamento él se basó para cultivar la magia como arte del obrar en todo por medio del *todo*.

Así pues, la razón discursiva

¹⁷ Mondolfo, *op. cit.*, p. 44.

¹⁸ Cf. *De inmenso* VII 14, 18.

¹⁹ Cf. Mondolfo, *op. cit.*, p. 19.

originalmente analiza y mensura (*mens* = medida) lo diverso según el orden perfecto matemático, cuantificable en números dadas sus relaciones exactas y estables. Por eso la naturaleza de la ciencia comienza a especificarse como matemática, en cuanto analítica de la extensión. El universo extenso se conoce según las leyes inmanentes del mismo, es decir, según sus ordenaciones aritméticas y geométricas.

Pero como Bruno admite una dimensión trans-espacial por eso mismo recurre al intelecto como capacidad de la razón que trasciende el espacio y el tiempo y que engloba la totalidad del universo acercándose a lo uno: "No hay sentido que vea el infinito. Al intelecto le corresponde juzgar y dar razón de las cosas ausentes y separadas de nosotros por distancia temporal o intervalo espacial."²⁰

No podemos separar el método que Bruno heredó de Nicolás de Cusa, la *complicatio-explicatio*, de las dimensiones que concedió a la razón humana, que es definida como partícula de la inteligencia universal.

De algún modo hasta podemos llegar a decir que la razón avanza hacia lo incomprensible donde se pierde y anula:

La potencia intelectual jamás se apacigua, jamás se satisface en la comprensión ya lograda de una verdad, sino que avanza siempre más y más allá, hacia la verdad incomprensible.²¹

Con esto quedan puestos los fundamentos de las revoluciones científicas que descubrirán de manera innovadora el pensar científico en progreso, ya que no existe verdad alguna completa y acabada.

Puesto que somos naturaleza, la historia de ella misma está en nosotros; y del mismo modo, la historia de la ciencia será la historia de la evolución del pensar

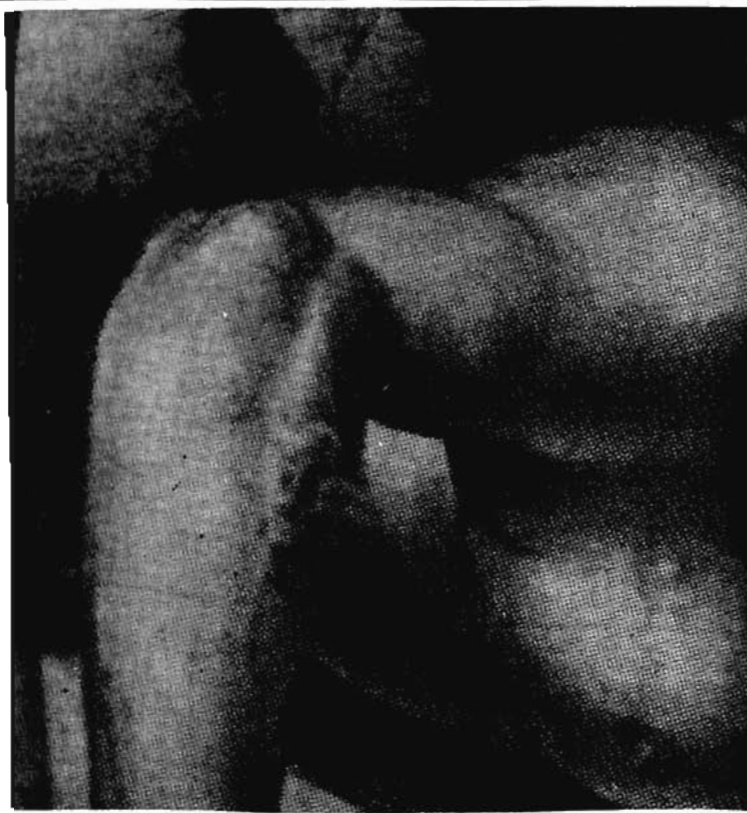
que se vuelve sobre sí mismo.²²

3. Fundamentos epistemológicos

Bruno sigue siendo un medieval cuando persiste en dar primacía al orden metafísico sobre el epistemológico. Sin embargo existen bases sólidas que permiten desentrañar los principios que regulan el orden de su pensar en lo referente al conocimiento racional.

Hay que comenzar diciendo y señalando el realismo "ingenuo" que adopta Bruno dada su sólida formación aristotélica aunada al estado de la evolución del pensar filosófico en su momento histórico. Afirma claramente: "*Natura sit rationi lex non naturae ratio*."²³

La naturaleza es la ley, el orden de la razón humana. Subyace en el fondo la antigua concepción escolástica de verdad como adecuación. La razón no construye ni justifica lo real. Pero hay también ciertas proposiciones ciertamente novedosas que analizaremos a continuación.



a. Principio de continuidad, principio de verdad

El fundamento metafísico de un universo extenso e intensamente semejante, apoya la concepción epistemológica de Bruno. La verdadera forma de todas las cosas, que es una, es el apoyo de la racionalidad de lo real en tanto extenso y cuantificable.²⁴

El mundo es racional e inteligible para el hombre en términos de verdad, mediante un acto reflexivo en dos sentidos:

a) el primero como introspección del sujeto que descubre su unidad inmanente con todo lo real;²⁵

b) el segundo, según el cual estudia y descubre el universo a partir de sus leyes de movimiento geométrico.

El conocimiento de la naturaleza nos es posible, pues, como descubrimiento de las relaciones de necesidad y legalidad entre los cuerpos del espacio extenso. Por eso Bruno escribía en una famosa sentencia: "Hay que buscar siempre la razón verdadera y necesaria,

²⁰ Sobre el infinito universo, p. 81.

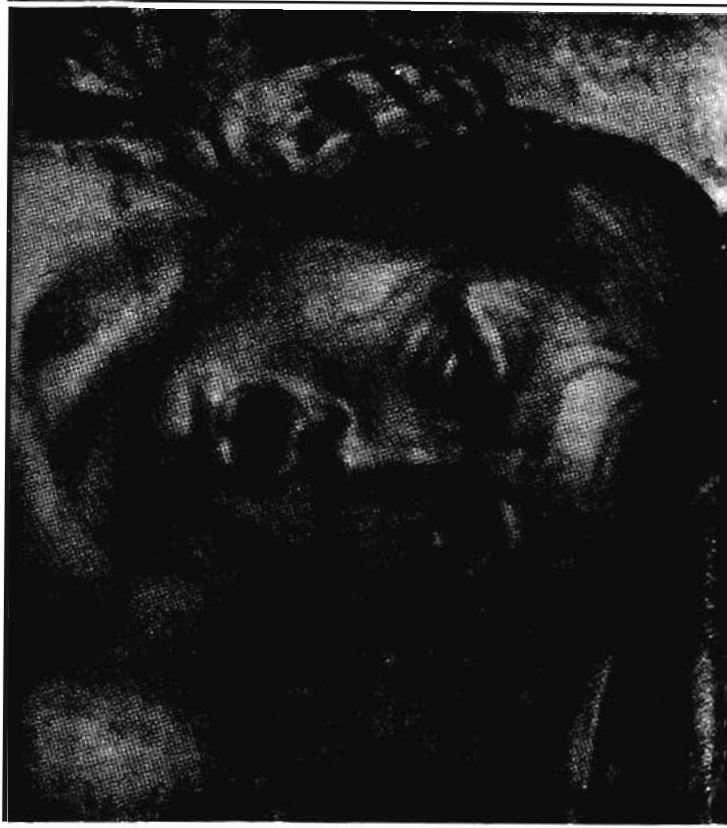
²¹ Del furor heroico, citado por Mondolfo, op. cit. p. 44.

²² Cf. Diálogo I Sobre el infinito universo.

²³ De inmenso VII, 14, 13.

²⁴ Cf. Mondolfo, op. cit., p. 56.

²⁵ Ibid, p. 55



pio de certeza y no la producen sino por medio de cierta comparación y referencia de un objeto sensible a otro y de un sentido a otro.²⁸

La inteligencia tiene un camino ascensional por el que *complica* la multiplicidad de los entes, así como descendiendo *explica* la unidad.²⁹

El principio universal refluye en las infinitas dimensiones de los entes particulares, y la razón considera ambos aspectos mediante su argumentación específicamente dialéctica.

Se presenta pues una relación biunívoca entre unidad y multiplicidad por la que se alcanza la suma identidad que congrega a dios con el mundo. Todas las cosas están en el ser al modo como el ser está en todas las cosas. La *mente* divina complica todos los entes en cuanto que todos se hallan en ella, y, al mismo tiempo, también las explica, pues su *entendimiento* está en todas ellas.³⁰

La opción de la filosofía nolaniana es, por todo lo anterior, marcadamente univocista, tanto en el orden metafísico como en el epistemológico.

Por otra parte nos parece que la matemática se incluiría para Bruno en el movimiento analítico y explicativo del universo, dado que a través del discurso ordenado por las relaciones mensurantes de la razón humana, se alcanza a asociar la diversidad en búsqueda de la unidad. Por lo que correspondería a la *complicatio* o síntesis, se llegaría a ésta a través de una vía intuitiva por la que el genio intelectual se une y despliega en las profundidades del abismo que representa la inconmensurabilidad del infinito.

Los mundos finitos son conocidos por la razón en el infinito universo de los seres reales.

Finalmente diremos que la función de la razón humana es, como ya hemos dicho anteriormente, *medir según proporciones*, es decir, mensurar los cuerpos extensos. La cuantificación del univer-

²⁸ Sobre el infinito universo, p. 55.

²⁹ Cf. *De causa* 1, 250.

³⁰ Cf. Mondolfo, op. cit., p. 46.

y escuchar la voz de la naturaleza.²⁶

Esa voz de la naturaleza se expresa y se halla escrita en el lenguaje matemático de las relaciones cuantificables de los cuerpos en el espacio.

El criterio de verdad está dado en la continuidad del pensamiento y de la extensión. Del pensamiento en tanto construcción matemática y de la extensión en tanto medida y dimensión relativa.

Para Bruno existe un sólo criterio de verdad que es el de la objetividad de la *mente universal* expandida por todo el universo que, aunque en cambio continuo, permanece en la inmanencia de lo real:

La verdad está en el objeto sensible como en un espejo, en la razón a modo de argumentación y discurso, en el intelecto a modo de principio o de conclusión, en la mente, en forma propia y viviente.²⁷

Así la verdad es la intimidad

profunda del universo, su más pura esencia.

Ser y Verdad se corresponden ineludiblemente. Por tales motivos el universo entero se halla imbuído de verdad como de ser. La *mente* es la razón de que el universo sea mensurable para la inteligencia humana, dada su íntima constitución mensurante e infinita.

b. Dialéctica del pensamiento racional

La razón discurre mediante un movimiento dialógico expresado en términos de análisis y de síntesis.

La filosofía nolaniana heredó de Nicolás de Cusa (Cf. *Docta ignorancia* II, 3) la intuición de la relación *complicatio-explicatio*, según la cual, la mente humana explica lo diverso a partir de lo uno, e induce de lo múltiple, complicándolo, la unidad del universo.

El pensamiento racional en el movimiento analítico es *comparativo*, conmensurante de los distintos cuerpos según lo confirma el texto siguiente:

La inconstancia de los sentidos muestra que éstos no son princi-

²⁶ 160 artículos contra los matemáticos, citado por Mondolfo, p. 34.

²⁷ Bruno, *Sobre el infinito universo*, p. 82.

so quedará plenamente justificada en sus principios, por la intuición de la conmensurabilidad de lo extenso.

Proporción y medida son las relaciones que establece la razón humana basada en las formas numéricas, de los cuerpos, de las mónadas que se reducen (complican) a la unidad. Según las combinaciones de las relaciones numéricas que constituyen la naturaleza íntima de los seres, la razón descubre los principios de *unidad, verdad, bondad*, de los cuales nacen estos otros: la esencia, la vida y el entendimiento; los elementos de la geometría (punto, línea, superficie y volumen); los cuatro elementos de las cosas (agua, aire, tierra y fuego).³¹

Intentaremos analizar a continuación algunas de las consecuencias que nos parecen ineludibles para desentrañar las raíces de la ciencia moderna que revolucionó el universo por lo que respecta a su comprensión, haciéndonos conscientes de su infinitud, y por tanto, de nuestro lugar como entes reflexivos en el marco infinito de la realidad.

Veremos cómo el *cosmos* ordenado según cualidades que el pensamiento medieval construyó, comienza a resquebrajarse a medida que Galileo elabora su modelo heliocéntrico, después que Nicolás de Cusa había pregonado la geometrización del espacio y Bruno "resucitaba la idea de un mundo infinito".³²

4. La realidad matematizada

La ciencia ha cambiado de sentido porque ha cambiado el espíritu del hombre.³³

La idea fundamental del presente trabajo sigue la línea de interpretación que René Taton y su equipo de investigadores trazan en su *Historia de la ciencias*, respecto del nacimiento de la ciencia moderna y sus antecedentes especulativos. Especialmente nos llama

la atención el paso de una ciencia de principios cualitativos como la medieval, a una consideración científica con principios cuantitativos, expresados por la "nueva filosofía" y plasmados en el método matemático.

Antes de analizar debidamente la participación de Bruno en este proceso hacia la ciencia moderna, hemos de señalar el carácter intuitivo, especulativo, y en el mismo sentido *a priori*, del replanteamiento de la ciencia en sus principios cualitativos hecha por la mentalidad renacentista. La matematización de la naturaleza es la expresión de una nueva racionalidad cifrada en signos mensurantes. Y es de notar que esta idea no partió de la experiencia empírica hasta entonces tan devaluada, sino de los nuevos planteamientos hechos por algunos científicos y pensadores que generalizaron algunos descubrimientos aislados. El marco mismo de la matemática aún no estaba elaborado cuando ya comenzaba a presentarse el problema de la revolución. Así lo interpreta Yvon Belaval cuando escribe: "La idea de matematizar la naturaleza no podía ser la comprobación de un hecho, sino la aspiración del espíritu, un magnífico *a priori*."³⁴

La previsión de las inquietudes del nuevo espíritu renacentista fue la piedra de toque de todo el marco de la cientificidad moderna. La experiencia externa aún era incipiente, pues comenzaban apenas a despertar los grandes sistemas revolucionarios.

Los deseos de infinitud y movimiento, como aspiración del genio humano, precedieron a su formalización en un lenguaje y estructura matemáticos. Parece pues que se dio un movimiento ideológico entre genio humano y condiciones históricas, el cual permitió el auge y el progreso en la historia de las ciencias.

El paso del *cosmos al universo* fue propiciado por las nuevas inquietudes de científicos que se anticiparon hasta lo que entonces se había experimentado:

Es notable que tales ideas se formularan primero como un *a priori*,

como deseo de infinito y de movimiento, sin relación todavía con la experiencia externa. La ruina de la esfera celeste se parece a una evasión.³⁵

Entre los pensadores que innovaron las direcciones de la ciencia de su época se encuentra Giordano Bruno, quien enriqueció las nuevas inquietudes con la fogosa claridad con que proclamó la antigua consideración de la infinitud del universo; infinitud que vino a desmitificar los pilares de la astronomía y la física antiguas para dar paso a la posibilidad de situarse en el *universo* desde la perspectiva matemático-geométrica.

La aportación especulativa de Bruno es uno de los grandes antecedentes de la revolución moderna.

a. El universo infinito

El *infinito* para Bruno es el atributo primordial de la sustancia, tanto extensa como formal.

La intuición de la infinitud del universo —comenta Mondolfo— es deducida del doble fundamento de la teoría copernicana y de la afirmada infinitud divina, la que exige una correspondiente infinitud cósmica, a raíz de la inseparabilidad de los dos géneros de sustancia y de la unidad e identidad de potencia y acto en Dios.³⁶

En la noción de infinito se concentran todas las cualidades del ser en tanto absoluto. La infinita potencia de dios hace necesaria la infinitud cósmica del universo, análogamente a la manera como causa y efecto se corresponden siempre.

Partimos pues del hecho de la infinitud de dios, del ser sustancial. Una vez afirmada su inconmesurabilidad necesitamos reconocer también la concomitante caracterización de todo lo real. Por tal motivo Bruno escribía al hablar de los mundos:

El universo es una infinita representación de un infinito represen-

³¹ Cf. Fraile, *op. cit.*, pp. 193-195.

³² Taton *et al.*, *op. cit.*, p. 225.

³³ Belaval, "La revolución científica del siglo XVII" en *Historia de las ciencias*, *op. cit.*, p. 224.

³⁴ *Ibid.*, p. 221.

³⁵ *Ibid.*, p. 225.

³⁶ Mondolfo, *op. cit.*, p. 19.

tado y un espectáculo apropiado para la excelencia y la eminencia de quien no puede ser entendido, comprendido o aprendido.³⁷

La relación de representación es lo que da necesidad a la afirmación de un universo infinito. Entre lo representado y lo representante existe una correspondencia unívoca.

Y porque a pesar de la identificación se supone la distinción —como en toda analogía— Bruno distingue clarísimamente entre estas dos clases de infinito que, ontológicamente, se distinguen como la causa del efecto:

Llamo a Dios "todo infinito" porque excluye de sí todo término y cada uno de sus atributos es único e infinito, y llamo a Dios "totalmente infinito" porque él, todo entero, está en todo el mundo y está infinita y totalmente en cada una de sus partes, al contrario de la infinitud del universo, la cual está totalmente en todo y no en las partes (si es que al referirnos al infinito se puede hablar de partes) que podemos incluir en él.³⁸

Es posible concebir un infinito *intenso* y omnipresente, que penetra y sustenta todas las cosas: que las explica. Y también podemos concebir otro infinito *extenso*, como globalidad que incluye y complica las partes en el todo. Aquí es donde las nociones metafísicas señaladas en páginas anteriores adquieren una expresión sistemática al definirse como principios de un orden.

La infinitud del universo no es absoluta, "ya que tal cosa repugna a la infinitud dimensional",³⁹ es decir, que de la extensión se excluye por definición de términos, la omnipresencia.

Estos infinitos juegan una relación análoga a la del definiente y lo definido, del límite y lo limitado. El conjunto conforma la existencia del todo real integrado por

partes. El universo es pues el *efecto necesario* de la causa infinita que es la *sustancia*.

Por último, para clarificar estas nociones de infinito vamos a abordar el aspecto físico de estas consideraciones, que es quizás donde Bruno estuvo más cercano a las inquietudes de su tiempo.

El universo físico es definido como un *continuo* relativamente infinito, es decir, en relación al espacio como *sucesión* de extensiones:

Así como estaría mal que este espacio no estuviera lleno, o sea, que este mundo no existiese, igualmente, por la no diferencia, está mal que todo el espacio no esté lleno, y por consiguiente, el universo será de extensión infinita y los mundos serán innumerables.⁴⁰

Si no es posible la existencia del vacío —como ausencia de extensión o cuerpos— entonces todo está lleno y todo es *homogéneo* a la manera de un continuo. Y es que el vacío es absurdo dada la *necesidad* de que *todo* esté saturado por los efectos de la *causa infinita*. Si el vacío existiera, el mundo y Dios serían contradictorios y absurdos.

La potencia divina es actuante tanto en la dimensión temporal como en la espacial. Esta es la justificación del universo extenso por todas partes:

Una cosa corpórea no puede ser limitada por una cosa incorpórea, sino por lo vacío o lo lleno, y de cualquier manera fuera del mundo hay espacio, el cual, al fin, no es otra cosa que materia y potencia pasiva, en el cual la no envidiosa ni ociosa potencia activa debe hacerse acto.⁴¹

Así pues, el universo es completamente extenso por necesidad ontológica, según los principios que fundamentan la explicación bruniana de la naturaleza.

Por lo que toca a la temporalidad —duración— de dicho continuo, se asienta también una correspondencia necesaria con la

³⁷ Bruno, *Sobre el infinito universo*, epístola introductoria, p. 74.

³⁸ *Sobre el infinito universo*, Diálogo I, p. 95.

³⁹ *Ibidem*.

⁴⁰ *Ibid.*, p. 88.

⁴¹ *Ibid.*, p. 62.



ciencias
informa



ciencias informa es una publicación de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
Toda correspondencia deberá dirigirse a la Secretaría General, Fac. de Ciencias.

eternidad de dios, la que le lleva a afirmar el carácter indestructible de la extensión mensurable diciendo, "del infinito vuelven a nacer siempre nuevas cantidades de materia".⁴²

De esta manera se abre la puerta hacia el futuro desarrollo de la mensuración de este continuo a partir de las estructuras lógicas y matemáticas que caracterizan a la racionalidad moderna.

b. Ciencia del infinito

Bruno conjuga la noción clásica de ciencia (conocimiento de las causas primeras) con la idea del infinito, tanto en el orden entitativo como en el cosmológico. En efecto, dice:

El infinito es el único término de la ciencia humana porque es la causa y el fin de todas las cosas. En física, se tiende a concebir la infinitud del universo; en metafísica la infinitud de la Inteligencia Suprema; en moral, la infinitud de la Bondad y de la belleza del ser absoluto.⁴³

En este texto se encuentran concentradas las ideas centrales del presente análisis. Porque aquí es señalada la distinción que en un principio nosotros hacíamos acerca de los órdenes metafísico y cosmológico, a las que Bruno añade el orden moral, de la creación humana, completando extraordinariamente un sistema de interpretación específica del mundo.

La preeminencia del grado metafísico y su conocimiento nos conducen al encuentro con lo incommensurable; a la presencia delante de la inteligencia suprema a través de un acto de contemplación, en el sentido más puro de la tradición filosófica: la inmersión en la plenitud de la actividad creadora que induce al intelecto a anonadarse y confundirse con lo infinito.

Pero Giordano Bruno no abandona la dimensión de lo mensura-

ble. Por el momento lo asume como consecuencia necesaria del conocimiento anterior, y más precisamente aún, como condición sin la cual no es posible abordar la naturaleza del ser.

En este sentido la física se incluye como senda del camino de la sabiduría.

A través de ambas ciencias (metafísica y matemáticas) se llega al meollo del ser, descubriendo la vida inmanente a todo lo real:

Hallaremos que no existe la muerte para ninguna sustancia, ya que nada disminuye sustancialmente, sino que todo, marchando a través del espacio infinito, cambia de rostro.⁴⁴

Nada se pierde ni se aniquila en el universo; en el propio orden de las transformaciones físicas y biológicas hay continuidad, equilibrio y orden.

Finalmente, y por lo que corresponde a la nueva física, Bruno ya comienza a vislumbrar el apogeo de los métodos cuantitativos que se apoyan en la misma

⁴⁴ Sobre el infinito universo, p. 72.

noción de universo extenso. A éste sólo es posible conocerlo y desentrañarlo a través del análisis de las relaciones espaciales entre los cuerpos, es decir, mediante relaciones geométricas y matemáticas.

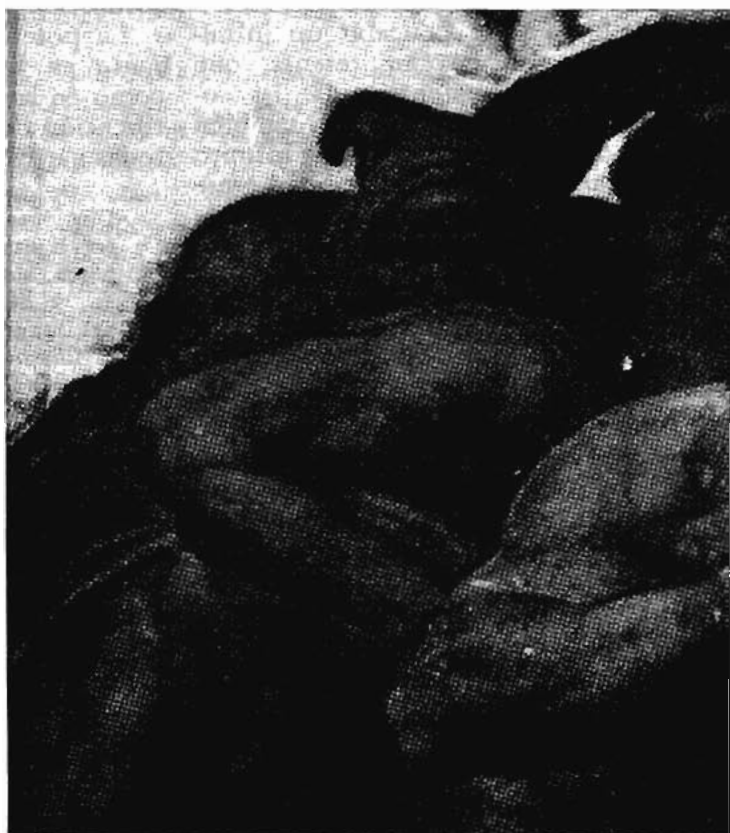
Con esto Bruno sienta las bases, aunque no explícitamente, de toda una época de la ciencia en la que la física cuantitativa sustituye revolucionariamente a la física aristotélica de las cualidades, la que había dominado durante más de quince siglos.⁴⁵

El cosmos finito, jerarquizado, fijo e inmutable se derrumba. Con Bruno y otros coetáneos, nace la imponente presencia de un universo extensamente infinito que reta al hombre a la búsqueda de su razón de ser, una vez que ha caído en la cuenta de que las posibilidades de su conocimiento son infinitas.

c. La relatividad del espacio y los mundos

De todo el material recogido hasta el presente apartado, venimos ahora a finalizar este análisis pre-

⁴⁵ Cf. Taton et al, op. cit, p. 221.



⁴² Ibid., p. 73.

⁴³ Del furor heroico, "advertencia", en Fraile, op. cit, p. 195.

sentando una de las consecuencias que muestran la modernidad de Bruno.

No es que sin más queramos con esto destemporalizar la personalidad de este pensador. Lo que sí pretendemos es valorar justamente su aportación a la tradición del pensamiento humano.

La extensión y el movimiento son descubrimientos acabados de la ciencia moderna. Sus antecedentes los encontramos en la tradición renacentista, especialmente la italiana.

Quizás sea Giordano Bruno quien fundamentalmente relativizara el espacio a partir de su infinitud extensiva, porque según su argumentación, si el mundo fuera finito, se seguiría la no relatividad de los espacios, y en consecuencia, la petrificación del mundo:

Si el mundo es finito y fuera del mundo no hay nada, os pregunto: ¿dónde está el mundo?, ¿dónde está el universo? ...Si dices que no, hay nada, el cielo y el mundo en verdad, no estarían en parte alguna (...) Todo estaría en la nada, el mundo sería algo que no se encuentra.⁴⁶

⁴⁶ Sobre el infinito universo, p. 85.

La localización del mundo, y su consiguiente relatividad en todos sus puntos, exige que el mismo sea infinito.

Por eso mismo la relatividad del espacio es una característica propia de un universo infinitamente extenso que plasma la naturaleza misma de su *causa* primera.

Los puntos de referencia, "arriba", "centro", "abajo" son relativos a otro punto en el espacio infinito, y no se podrán considerar por tanto un centro del universo, como la antigua astronomía lo planteaba:

"Arriba" y "abajo" —señala Taton— no son más que nociones relativas, y en cuanto a la del "centro del mundo", carece ya plenamente de sentido: ese centro está en todas partes, puesto que no está en ninguna. Por ello los habitantes de otros astros tienen tanto derecho como nosotros a considerarse en el centro.⁴⁷

No somos los humanos, ni nuestro planeta, el centro del universo.

⁴⁷ Taton et al, *op. cit.*, p. 89.

Somos parte finita de un infinito que se sumerge en su propia temporalidad.

A este respecto hay una consideración de Bruno que hoy aparece inusitadamente actual. Es la referente a la existencia de otros mundos y de otras inteligencias, dada la infinitud y relatividad de los cuerpos en el espacio.

Creemos que esto no es lo más importante de sus aportaciones. Si lo incluimos en la relatividad del espacio, entonces asombrosamente se adelanta a su época. Somos una parte relativa del espacio infinito:

Sabremos que no es distinto volar de aquí al cielo que del cielo aquí; que no es distinto subir de aquí hasta allí que de allí hasta aquí y que no es distinto bajar de uno a otro término.⁴⁸

Los espacios siderales ya no aparecen fijos ni inmutables. De algún modo el hombre se ha acercado a ellos al conocer la naturaleza extensa que a ellos también los define. De ahí brota la serenidad con que Bruno afronta la crítica a sus obras e incluso a su misma muerte, testimonio de sed de verdad y justicia en cuanto al conocimiento del universo se refiere.

Conclusión

Llegamos al término del presente análisis, a través del cual hemos tratado de mostrar las posibilidades y los límites de la revolución moderna de las ciencias, a partir de la contribución hecha por un pensador especulativo por propio carácter.

Sabemos ahora que en el Renacimiento se dio una radical sustitución en la comprensión del universo real. El cosmos medieval agonizaba. De sus cenizas brotaron los principios del apogeo cultural moderno. El espacio y el movimiento se erigieron como los principios del ser:

Infinitud del universo, unidad de la naturaleza, geometrización del espacio, que lleva consigo la relatividad

⁴⁸ Sobre el infinito universo, p. 71.



del movimiento: con ello dejó de existir el cosmos medieval.⁴⁹

Bruno colaboró para la disgregación de la antigua noción de naturaleza, entendida como organización de sustancias, para instaurar el nuevo orden de fenómenos cuantitativos regulados por leyes matemáticas.

Sin embargo, queremos subrayar además la limitación de principio que trajo consigo la cuantificación de todo lo existente. Si bien la física aristotélica había mostrado su ineptitud para la explicación de fenómenos acontecidos, una vez abandonada ésta, se dejó a un lado, indiscriminadamente, la *ciencia primera* descubierta por el Estagirita. Y a pesar de ello Bruno siguió moviéndose en el ámbito del ser y de sus principios.

¿Por qué la ciencia se desentendió de la metafísica?, ¿supone acaso una racionalidad matemática el abandono de las realidades ontoló-

gicas?, ¿la profundización en el terreno cosmológico, obstaculiza la penetración en el orden de los principios y las leyes del ser? En una sola interrogante: ¿cuál fue el grado de aceptación de la metafísica como ciencia, a partir de la nueva noción de cientificidad?

Creemos que ha sido menospreciada la metafísica aristotélica por considerársele inútil e impráctica. Seguramente esto mismo es signo de los límites de la moderna cientificidad.

Finalmente sabemos que este trabajo adolece de algunas explicaciones históricas que seguramente condicionaron la producción intelectual de Bruno. Pero antes de investigar acerca de las relaciones de la intuición de Bruno con las circunstancias de su tiempo, pensamos que era ineludible analizar rigurosamente algunos de los principios de su pensar.

Con todo y lo anterior, mientras más nos inclinemos a exaltar el papel de la imaginación en el desarrollo de las ciencias (al lado de la observación empírica y de la

deducción lógica), más deberíamos apreciar la contribución hecha por pensadores como Giordano Bruno.⁵⁰

⁵⁰ Cf. Kristeller, *op. cit.*, p.184.

Bibliografía

1. Giordano Bruno, *Sobre el infinito universo y los mundos*, (tr. Capelletti, Angel), Editorial Aguilar, Buenos Aires, 1972.
2. Guillermo Fraile, *Historia de la filosofía III*, BAC, Madrid, 1966.
3. Ignacio Gómez de Liaño, *Mundo, magia y memoria*, (Selección de textos), Editorial Taurus, Madrid, 1973.
4. Paul Kristeller, *Ocho filósofos del Renacimiento*, (tr. Martínez, María), FCE, Brev. 210, México, 1964.
5. Lamanna, *El pensamiento en la Edad Media y el Renacimiento*, Editorial Hachette, Buenos Aires, 1960.
6. Rodolfo Mondolfo, *Tres filósofos del Renacimiento*, Editorial Losada, Buenos Aires, 1947.
7. René Taton, *et al*, *Historia general de las ciencias v. II* (tr. Manuel Sacristán), Ediciones Destino, Barcelona, 1972.

⁴⁹ Taton, *op. cit.*, p. 89.

En nuestro próximo número de *Elementos* los investigadores comunican:

INFORME SOBRE EL SIDA

LAS CIENCIAS EN LA OBRA DE ZENDEJAS

Eduardo Merlo

EL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUIMICOS

Marco Arturo Moreno Corral

FEROMONAS: OLOR Y COMUNICACION

Jorge Juárez Vea

EL RADIOTELESCOPIO Y LA OBSERVACION CELESTE

Eduardo Mendoza

COMPUTACION Y PERFORACION AUTOMATICA DE CIRCUITOS IMPRESOS

Carlos Blanco y Fernando Ríos

LA PREVALENCIA DE PARASITOSIS INTESTINALES EN EL ESTADO DE PUEBLA

Antonio Cruz, Rodolfo Cortés y Francisco de Ita

Adquiérala y sea partícipe del proceso científico

Informes: Revista *Elementos*, Av. Reforma núm. 913

Planta Alta, Puebla, Pue.

Tel. 46-80-67.

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas
Elementos

La revolución de los superconductores

LA FISICA TIENE FUTURO Y ES EL FUTURO DE MEXICO :

Rafael Baquero

Mariano Morales

México, preparado para la revolución de los superconductores

En México habrá una gran cantidad de trabajo para los científicos y los tecnólogos en el futuro o no habrá un futuro interesante para nadie. De esto estoy convencido y lo digo aunque parezca advertencia: la crisis que atraviesa México se encuentra en un punto que puede derivar hacia consecuencias trágicas, dramáticas para el pueblo mexicano. Esta fue una de las tantas conclusiones a las que llegó el Dr. Rafael Baquero, investigador del Instituto de Estado Sólido de la Universidad Autónoma de Puebla, en conversación con Jesús Mendoza, Mario Guzmán y quien redacta esto, miembros de la revista *Elementos*, con motivo de las posibilidades que abre al país la aparición de los nuevos superconductores. El doctor Baquero ha dedicado su vida a la física de estado sólido, y dentro de ésta, en particular al estudio teórico de los superconductores, materias en las cuales ha producido más de 25 artículos de investigación publicados en revistas especializadas.

Qué son los superconductores

En la naturaleza existen diversas formas en las cuales se presenta



la materia. La primera gran división que aprendemos en la escuela es la de gases; líquidos y sólidos. Dentro de estos últimos existen también diferencias de comportamiento. Son, por ejemplo, muy útiles los aislantes que utilizamos para que la electricidad no pase de un lado a otro; así nos protegemos: en las casas usamos aislantes para que los cables que llevan la electricidad la transmitan a los aparatos donde se necesita sin que pase por nosotros. Otros materiales que tuvieron mucha importancia a principios de siglo, después del descubrimiento de la mecánica cuántica, hacia 1924, fueron los semiconductores; los semiconductores dieron lugar a cosas tan útiles como el transistor, como la electrónica que conocemos hasta hoy y que prácticamente modela nuestra sociedad actual; el semiconductor es otra de las formas en que se presenta un sólido y se diferencia del aislante en que los electrones, las cargas que fluyen dentro de los cuerpos, se pueden modular por potenciales, pero no fluyen libremente, no se encuentran libres, de manera natural. La tercera fase en que podemos distinguir a la materia sólida podrían ser los metales, es decir los conductores. La característica fundamental de los metales es que las cargas se encuentran dentro, de una manera libre. Un metal puede pensarse como cargas positivas colocadas en posiciones geométricamente regulares fluyendo dentro de ellas —como bolitas— los electrones, que llevan la carga negativa y que son en realidad los que conducen; por ello es que a un metal —por ejemplo, un trozo de alambre de cobre— se le puede hacer que conduzca una corriente con una pila tan pequeña como de un voltio, ya que basta una pequeña diferencia de potencial —digamos una pequeña fuerza— para hacer correr esas bolitas, porque están libres dentro del material.

En lo que interesa a la respuesta de qué es un superconductor, son

los metales los que permiten el marco al fenómeno. Hasta hace unos tres o cuatro meses se podría decir que la superconductividad es efecto de bajas temperaturas. En éstas, un metal comienza a comportarse de una manera diferente: los electrones parecen agruparse de una manera que ignora la interacción con la red... Me explico: supongamos un bosque donde los árboles están situados de manera regular; queremos hacer pasar una pelota a través del bosque; pero no la queremos hacer pasar entre el espacio que los alineamientos permiten, queremos hacerla pasar lanzándola al azar. Al azar es como los electrones se mueven dentro de esa malla de iones o de cargas positivas colocadas en posiciones geométricamente regulares. Al lanzar la pelota, entonces, es casi seguro que chocará contra algún árbol. Esto sucede también con los electrones: al correr por entre esas cargas, cuando tienen una diferencia de potencial o una pila, chocan con las cargas positivas, ellas vibran y eso se manifiesta como alza de temperatura, como calor. Esa es la propiedad que utilizamos para calentar el café, es la propiedad del choque de los electrones con la red, la matriz que se encuentra dentro de ese metal; la energía proviene de la pila, del campo eléctrico que crea esa pila dentro del metal y los electrones la pasan a la red produciendo calor como resultado de los choques.

En el estado superconductor los electrones se apilan de alguna manera, se aparean, se agrupan de forma tal que ignoran la existencia de esa red y, por lo tanto, fluyen a través de ella sin intercambiar energía con ella. Una propiedad fundamental de un superconductor es que al paso de la corriente no crea calor, y por tanto, no pierde energía. Esto es muy importante; demos un ejemplo: cuando se tiene que transportar grandes cantidades de corriente para alimentar de energía a una ciudad, la pérdida por calor es muy gran-

de, llegando incluso a perderse hasta el 40% de ella nada más en el proceso de transporte.

Como una primera aproximación: un superconductor es un sólido que tiene cierto carácter metálico —en tanto hay electrones libres dentro de él— y que sus electrones por efecto del descenso de la temperatura se aparean entre sí y pueden fluir a través de la red cristalina sin causar ninguna disipación o ningún gasto de energía.

La guerra contra el frío

El doctor Baquero se incorporó a la Universidad Autónoma de Puebla en enero de 1973, ingresando a la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas. Cofundador del Departamento de Física del Estado Sólido, fue su primer director de 1974 hasta 1979.

En su cubículo, un cubículo sencillo, más bien pequeño, caluroso y lleno (por un escritorio y una mesa de trabajo, un archivero, un par de estantes llenos de libros y revistas y un pizarrón igualmente lleno, donde alternan símbolos químicos como el Cu y el Ba con desarrollos matemáticos sofisticados y representaciones geométricas de lo que —supongo— debe ser la estructura de algún superconductor), que da la espalda al campus de la universidad, con un lenguaje sencillo y preciso responde a todas nuestras preguntas —incluyendo las que hacemos sin que vengan al caso.

En la naturaleza —continúa— existen los semiconductores como el silicio y el germanio; también existen los superconductores naturales, como el niobio, el plomo, el aluminio. Sólo que a la temperatura ambiente ninguno de ellos se comporta como un superconductor. Hay que bajar la temperatura. El grave problema que ha tenido la tecnología que se deriva de la superconductividad es que se ha visto en la necesidad de utilizar el helio como fuente de descenso de la temperatura. Para bajar la temperatura de un cuer-

po hay que ponerlo en contacto con un cuerpo frío, y el cuerpo frío con el cual se pueden bajar las temperaturas hasta conseguir las del orden de 10° o hasta 4° y un poquito menos es el helio líquido. Sin embargo, el helio tiene varios inconvenientes: su manipulación es un poco engorrosa, su producción es escasa, es necesario cubrir de varias capas aislantes a cualquier elemento superconductor para que éste pueda permanecer a una temperatura suficientemente baja. Los superconductores conocidos hasta noviembre del año pasado, operaban por debajo de los 25°K . El gran cambio que ha habido en los últimos meses es precisamente el hallazgo de superconductores que operan con temperaturas muy por encima de ella, alrededor de los 100°K . Hay que recordar que hablo de temperaturas absolutas: 0° centígrados corresponden aproximadamente a 270°K ; 100°K , entonces, son alrededor de -170° centígrados.

Paso a lo nuevo

La novedad —es una cosa muy interesante— son unos materiales cerámicos que tienen una estructura cristalina que se conoce con el nombre de *peroxquita* (o *perovskita*). Uno puede imaginar su estructura: los átomos dentro de esos cristales forman tetraedros; en cada uno de los vértices de esos tetraedros uno puede imaginar un pequeño octaedro que está formado por óxidos de cobre. Dentro del volumen de esos tetraedros se pueden encontrar átomos de lantano y de bario. La estructura es laminar en el estado superconductor.

Estos materiales han sido presentados sorpresivamente: en abril del año pasado a alguien que estaba estudiando las cerámicas desde el punto de vista de sus propiedades magnéticas se le ocurrió medir qué pasaba a más bajas temperaturas y se encontró con la sorpresa de que el material empezaba a perder resistencia a temperaturas

Estado Sólido: Ciencia para el futuro*

Lo que se está haciendo aquí va a tener aplicación un día de éstos. No sabemos cuándo, pero tendrá su aplicación directa, inmediata en la resolución de problemas de tipo tecnológico.

¿Ignorancia o mala fe?

Aprovechando la coyuntura el entrevistado agregó: hay gente que por ignorancia o mala fe desprecia a la física básica, a la física teórica. Desean que vayamos directamente a los problemas prácticos. Ignorancia o mala fe, conlleva esta visión que no entiende que lo práctico está basado en lo teórico, como en el ejemplo que acabamos de explicar.

Encuentro: Lo mismo sucede con Einstein y la energía atómica. El llega a su fórmula trabajando teóricamente; así encuentra la relación entre la energía, la masa y la velocidad de la luz; hoy ésta es la base de toda la energía nuclear y atómica. Finalmente si el conocimiento es verdadero tendrá que modificar la realidad.

LRT: Pero incluso en gente de alto nivel del gobierno hay quien dice: "no: queremos sólo ciencia aplicada". Lo que no han comprendido es que si queremos tener ciencia aplicada, tecnología, debemos tener auténtica ciencia básica. Lanzarnos hacia la aplicación es nada más estar repitiendo lo que ya ha sido hecho en otros países. ¿En base a qué, con qué lo vamos a hacer? Lo más a lo que se podrá llegar será a la copia de modelos ya elaborados.

Ojalá y quede claro en la conciencia de la gente la importancia que tiene la ciencia básica, como punto de apoyo de las aplicaciones del futuro. Por eso hay que apoyarla y no estarle regateando recursos.

Encuentro: Ahora que han estado los compañeros del SUTIN con nosotros nos hemos enterado de cuál ha sido la



respuesta del Estado ante intentos de desarrollar una ciencia y una tecnología independientes, como el Centro de Ingeniería de Reactores, que fue cerrado o la misma URAMEX, hasta proyectos de menor cuantía como la producción de lentes en el INAOE. Obviamente las razones fundamentales han sido políticas, pero de todos modos muestra la estima en que nuestras autoridades tienen al desarrollo de la ciencia.

Cuenta el Ing. Rivera Terrazas que siendo rector le tocó ir a reuniones de ANUIES en las cuales siempre había algún rector que orgullosamente notificaba: "nosotros estamos investigando en la ciencia de los alimentos". ¿Y qué era lo que hacían? Habían comprado una planta —en Estados Unidos por supuesto—, para enlatar pescados y mariscos, esa era la investigación. Yo no digo que no sea importante enlatar sardinas y camarones, pero ellos exclusivamente estaban copiando métodos ya puestos a prueba.

Algunas enseñanzas para el desarrollo de la Universidad

La formación del Departamento es algo muy interesante —apunta el entrevistado a quien un grupo de universitarios impulsa una campaña para in-

*Fragmento de una entrevista con el Ingeniero Luis Rivera Terrazas, realizada por María Eugenia López y Mariano Morales en 1983 y publicada en *Encuentro*.

cercanas a los 30°K. A esto no se le dio la importancia que merecía, debido a la búsqueda tan intensa de un superconductor de alta temperatura crítica* que se había dado; como resultó infructuosa, arrojó una actitud pesimista con respecto a las posibilidades de encontrar un superconductor a temperaturas tan "altas" como 100° K.

Cuando los resultados fueron vistos por un grupo japonés, dirigido por el profesor Tanaka, se dieron a la tarea de reproducir estas peroxquitas y de estudiarlas con más detalle. Encontraron que eran superconductoras a 30°K. Esto sucedió por noviembre del año pasado. Cuando la noticia se lanzó al mundo en varias cartas que ellos dirigieron a diferentes laboratorios mostrando sus resultados experimentales, mostrando las curvas donde la resistencia del material se perdía hacia los 30°K, se creó una verdadera fiebre de búsqueda de superconductores de alta temperatura crítica que tuvo su punto climático en la reunión de marzo de la Sociedad Americana de Física, el llamado *Woodstock de la Física*. Ahí se presentaron los resultados como el gran show del momento. En los pasillos del hotel había cámaras de televisión porque el salón no podía contener a todos los participantes; en un circuito cerrado de televisión se proyectaban los resultados que querían mostrar. Hubo reuniones que duraban toda la noche; la gente salía a las seis de la mañana para volver a las ocho y continuar con la reunión. Muchas de las personas que asistieron —entre ellos un grupo de 5 personas de la UAP— mencionan que en los últi-

* En general se define en física como temperatura crítica a aquella en la cual se produce un cambio de estado en el sistema estudiado. Por ejemplo, se puede decir que la temperatura crítica del agua es la temperatura a la que hierve, ya que al hervir pasa del estado líquido al gaseoso. En el estado superconductor definimos la temperatura crítica como aquella en que el material pierde completamente la resistencia; es decir, aquella más abajo de la cual se comporta como superconductor.

Ciencia para el futuro . . .

vestirlo con el Doctorado Honoris Causa*: quizá puedan sacarse de aquí algunas enseñanzas. Lo más necesario, primero, era tener la infraestructura humana, antes de pensar en laboratorios, antes de pensar en qué es lo que vamos a investigar. Muchas veces se hacen las cosas al revés: primero se compran los equipos: se revisan los catálogos, se eligen los aparatos y luego se mandan pedir; finalmente nunca los pueden echar a andar.

"Aquí lo hicimos de otra manera. Primero empezamos a captar gente. Llegó el Dr. Cambero, allá por los años '70; vino a formar estudiantes en la Escuela, pero al mismo tiempo a organizar, planear y a captar gente para formar un departamento de física. Todavía no sabíamos para qué rama. Al poco tiempo llegó el Dr. Baquero, después el Dr. Reyes... De manera que para 1974 —todavía no era yo rector— ya había cuatro jóvenes doctorados o en vías de doctorarse. Para '75 todos se habían doctorado. Entonces sí comenzamos la discusión de qué investigaríamos. Ya estaba conformado el grupo básico de físicos. Nos planteamos física de bajas temperaturas, superconductividad, estado sólido, física de partículas, cosmología, física de altas energías..., la gama de posibilidades era muy grande. Había que escoger y lo hicimos. Los criterios de elección fueron varios, pero, finalmente, teníamos que escoger un área que pudiese representar una base para producir tecnología a futuro.

"Por ejemplo, la física de altas energías, que es algo fascinante, requiere equipos muy costosos; no alcanzarían 10 años del presupuesto del país dedicado a la ciencia para comprar e instalar un acelerador betatrón; además no se prevén aplicaciones a corto plazo. Así fuimos descartando opciones hasta quedar con dos: bajas temperaturas o estado sólido. Discutimos muchos pros y contras, hasta que llegamos a la conclusión de que lo que más convenía al país y a esta universidad era investigar en el área de la física del estado sólido.

"Después de que tuvimos claridad en esto, pasamos a la siguiente fase. Ahora sí teníamos que ver qué equipo era el necesario. Fue cuando llegó, el

* El doctorado Honoris Causa le ha sido ya otorgado

Dr. Zehe a ayudarnos a preparar las bases de los laboratorios. El es un físico aplicado, pero esto debe entenderse como especialización, sin demeritar su base teórica. El venía como especialista en teoría de superficies dentro de la física de estado sólido. Volvimos a discutir de nuevo con él y comenzamos a planificar la adquisición de equipo. No podíamos comprarlo todo de una vez. ¿Qué equipo necesitábamos, dónde se encontraba, cuál era el de mejor calidad? Estas eran las interrogantes: Sobre todo intentando unir calidad con bajo precio. Todo se estudió minuciosamente, sin precipitaciones, hasta que fuimos adquiriéndolo poco a poco. A la brevedad recibimos apoyo económico de la SEP, mucho después del CONACYT. La siguiente fase fue instalarlo y calibrarlo —para que las mediciones fueran correctas—. Esto se llevó otro año o año y medio."

El secreto del futuro

Por último el Ingeniero nos habló del Departamento de Estado Sólido como opción profesional para los egresados de diversas carreras de la UAP. En la actualidad —asentó— la licenciatura no debe ser considerada como una escuela terminal, así en medicina, química e ingeniería. El egresado de física sólo tiene como alternativa trabajar en la investigación científica. Esta es la opción para participar en el desarrollo del país. México necesita no cientos sino miles de físicos a nivel doctorado. Aquí tenemos ya una maestría y un doctorado; y hemos recibido gente de química y de ingeniería química —después de un curso propedéutico. Además les conseguimos becas para que aseguren su tiempo de estudio sin distracciones. Después de esto la opción de trabajo es mucho más amplia: San Luis Potosí, la UNAM, Sonora, el POLI o aquí mismo. Ya se están abriendo centros de investigación...

Encuentro: del estado sólido...

LRT... de estado sólido y de otras áreas. Yo creo que en este momento, entre el 40-45% de la investigación a nivel mundial se está haciendo sobre estado sólido. Todo mundo se da cuenta de que aquí está el secreto del futuro...

mos años no se había visto algo que causara tanto impacto y tanto entusiasmo entre la comunidad científica como ese congreso. Esto se repitió hace unas semanas en el congreso de Anaheim en California, donde se dieron a conocer nuevos resultados; era increíble ver la cantidad de trabajo que la gente hizo entre marzo y abril. La cantidad de experimentos planeados en marzo y ya resueltos para abril era tremenda. La gente ha estado trabajando de manera febril, día y noche.

La superconductividad se ha convertido en la rama, dentro del estado sólido, de principal aplicación tecnológica —de eso no me cabe duda. La razón es porque ofrece perspectivas que son muy conocidas —desde los años setenta— y que tienen ventajas grandes con respecto a la tecnología vigente basada en los semiconductores.

En computación, por ejemplo, permitirían elaborar máquinas diez veces más rápidas que las más veloces que se conocen en la actualidad.

Otra de las aplicaciones que va a destacar es el transporte ultrarrápido. En la historia del transporte lo que más ha descollado es el transporte japonés, el shenhasen que es un tren manejado por computadora, muy seguro, que se desplaza en promedio a 210 km/h. El problema del rozamiento con los rieles imposibilita el desplazamiento de trenes a mayor velocidad de los 350 km/h. Los franceses fabricaron uno, el llamado TGV (tren de gran velocidad) que se desplaza a 260 km/h. Los japoneses tienen ya un prototipo, basado en los superconductores, que se desplaza a 500 km/h: la distancia México-Monterrey podría hacerse en dos horas! Esto empieza a competir con el desplazamiento en aviones. Y el impacto no se detiene en las posibilidades de transporte; cubre todo el impacto social de la comunicación: y tenemos ya una visión clara en la actualidad de cómo la comunicación puede configurar

una sociedad. El transporte masivo a gran velocidad se va a incrementar, y cosas similares pueden darse en diversos medios de comunicación.

Ya están en curso diversas aplicaciones a la medicina, particularmente en el estudio del cerebro: los superconductores han permitido crear detectores para medir los muy pequeños campos magnéticos del cerebro, que son del orden de una milésima de millonésima de Gauss. Para que uno tenga una apreciación de qué significa esto, hay que decir que el campo magnético de la tierra tiene medio Gauss. Otros órganos corporales que se pueden medir con superconductividad son los músculos, que producen campos del orden de 10^{-7} Gauss (cuando uno mueve un músculo la energía que se pone en acción produce un campo magnético del orden de 10^{-7} Gauss). Otros campos como el del corazón son también del mismo orden (10^{-6}), y en general se sabe hoy en día que un órgano enfermo produce anomalías en el campo magnético creado a su alrededor, permitiendo esto determinar una enfermedad midiendo las variaciones del campo magnético del cuerpo humano.

Quiero insistir en algo: por tener que bajar tanto la temperatura (a menos de 25°K) todas estas aplicaciones se han llevado a cabo a nivel de ensayo nada más. No así las aplicaciones a la medicina que sí han sido practicadas, tanto en la medición de pequeños campos magnéticos como en las radiografías inmediatas que se obtienen al colocar al paciente en presencia de grandes campos magnéticos. Este es otro efecto que tiene la superconductividad: permite producir los más grandes campos magnéticos que se conocen.

Estos son algunos de los impactos inmediatos que se esperan de la utilización de la superconductividad; seguramente a partir del próximo año. Y comenzarán a configurar una nueva sociedad en

cinco o diez años.

Predicciones teóricas y serendipias

Elementos: doctor ¿se puede decir que el hallazgo de materiales superconductores de altas temperaturas críticas fue una predicción teórica de la física de estado sólido?

El hallazgo no ocurrió siguiendo predicciones teóricas; aunque la teoría de la superconductividad tenía los elementos fundamentales para poder indicar el camino por donde se debían buscar los superconductores. Además de estar preparada para no dejar pasar tales descubrimientos. Frenó mucho estas búsquedas el trabajo del profesor Matthias, quien ensayo prácticamente todas las reglas empíricas producidas hasta ese momento. Buscó el elemento de carácter metálico que permitiera la superconductividad de altas temperaturas críticas y presentó un trabajo tan exhaustivo que causó, además de admiración, enorme pesimismo.

En el trabajo que realicé con Jules Carbotte, de la Universidad de McMaster de Canadá, llegamos a la conclusión de que había claras indicaciones de que un aislante que se pudiera dopar adecuadamente con electrones debería producir un superconductor de alta temperatura crítica. Incluso en las publicaciones que he hecho eso está escrito: las leyes empíricas que descubrimos están publicadas. Ahora, aunque llegamos a esas conclusiones no encontramos quien realizara un esfuerzo sistemático para buscar entre los aislantes la manera adecuada de doparlo de tal forma que pudiera producir una transición superconductora. Obviamente se trataba de predicciones de carácter cualitativo, que describían el camino por dónde buscar; pero yo no tenía conocimiento, por ejemplo, de las peroxquitas. Entre otras cosas la peroxquita que se dopa no es aislante sino semiconductor, tiene en el estado semiconductor una banda relativamente pequeña

de 0.1 milielectrón/voltios.

No quisiera dejar la sensación de que este descubrimiento ha sido un gran éxito teórico; pero tampoco quisiera dejar la sensación de que la teoría no tenía los elementos dentro de los cuales se hubiera podido proseguir una investigación que pudiera haber dado lugar al superconductor de alta temperatura crítica. Aunque no haya sido así históricamente.

Entusiasmo y repunte de la ciencia básica

El doctor Rafael Baquero obtuvo la licenciatura en física en la Universidad de Praga y la maestría y el doctorado en física en el CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional. Supervisada por el Dr. M. Alexanian su tesis de doctorado versó sobre el "Ancho de una onda de choque en un gas clásico". Postdoctorado en la Universidad de Mc Master en Ontario, Canadá, ha dirigido seis tesis de maestría y 6 de licenciatura. Con entusiasmo se refiere ahora al repunte de la ciencia básica que los últimos acontecimientos pueden significar.

El entusiasmo que se ha suscitado ahora es mundial; por ejemplo, acabo de tener noticias del congreso que se desarrolló en septiembre en Píssa, Italia, donde miles de físicos volvían a la superconductividad. En los años setenta se dio un gran avance después de que se encontró el superconductor que permaneció muchos años como el superconductor record, el niobio-3-germanio (Nb_3Ge), con 23°K de temperatura crítica (nosotros lo hemos estudiado aquí con mucho detalle: hay una tesis de maestría que yo dirigí a Juan Gutiérrez Ibarra sobre ese tema), creó una gran expectación, tomando a una investigación tecnológica que se llevó muy a fondo, y la investigación básica de estado sólido avanzó bastante en superconductividad a raíz de ese descubrimiento. Luego, en la década de los ochenta,

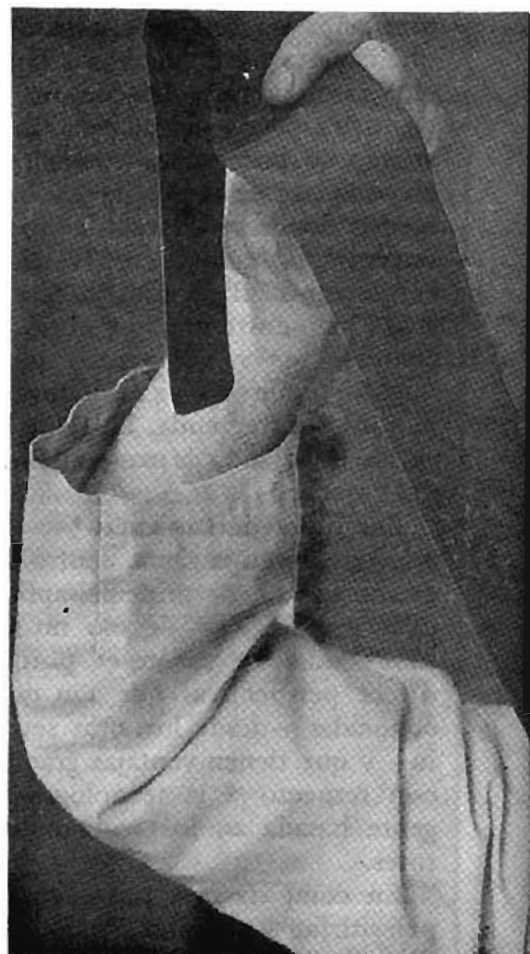
la tendencia era a abandonar la superconductividad; ésta empezó a ser cancelada como prioridad, incluso hubo países que abiertamente cancelaron las investigaciones en esta área. Nadie creía que la superconductividad a alta temperatura crítica llegase a ser una realidad.

A nosotros nos mantenía esperanzados el haber intentado probar que había un límite a la temperatura crítica. Lo intentamos con Carbotte y llegamos a la conclusión de que dependía en mucho de los espectros fonónicos. Que si nosotros no podíamos limitar las frecuencias fonónicas en un número, tampoco podíamos limitar la temperatura crítica. Y efectivamente lo que se encuentra en estos materiales nuevos son fonones a frecuencias muy altas, del orden incluso de 500 milielectrónvoltios —eso está reportado en un trabajo hecho recientemente en México, en el Instituto de Materiales, por Roberto Escudero y en otros trabajos, como uno que me acaba de llegar de Karlsruhe (Alemania Federal) que reporta la existencia de fonones a 90 milielectrónvoltios. Todos esos son fonones realmente altos que nunca se habían visto participar en superconductividad. El no haber podido encontrar una base teórica para poner un límite a la existencia de estos fonones fue lo que nos mostró que no podía existir más límite a la superconductividad que el que dieran los fonones mismos, por lo menos si el mecanismo de la superconductividad continuaba siendo la interacción electrón-fonón.

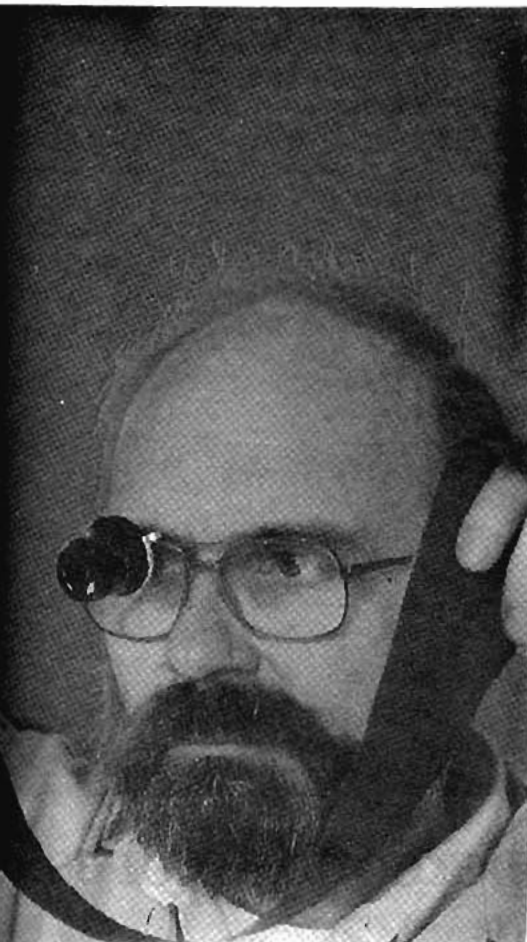
La interacción electrón-fonón

Elementos: De acuerdo a los resultados conocidos recientemente ¿podría pensarse en un límite para esa temperatura crítica o se espera que siga cambiando?

Estamos en la misma situación. Se han descubierto fonones y electrones que participan a energías suficientemente grandes para pro-



Dr. Rafael Baquero a las puertas del Instituto de Física del Estado Sólido.



Científico norteamericano examinando una cinta hecha a base de material superconductor.



ducir estas temperaturas críticas de 100°K ; puesto que nadie creía que se podrían encontrar fonones activos en superconductividad a tan alta energía, esto da la esperanza de que todavía se puedan encontrar temperaturas críticas más altas. En este momento en la comunidad científica internacional no hay consenso acerca de cuál sería la explicación al fenómeno que produce la superconductividad. Hay varios mecanismos propuestos.

Yo hablo bajo el convencimiento de que el fenómeno se produce por superconductividad electrón-fonón. Sin embargo, personas muy calificadas, como el profesor Anderson, piensan en un mecanismo diferente: la resonancia de banda de valencia (resonance valence bond). Pero hay otros mecanismos de hibridación de bandas que alguna gente defiende como posible explicación; y también hay quien defiende el mecanismo de polarones.

Tales mecanismos pueden dividirse en dos: unos que requieren de un fuerte ablandamiento de un fonón, es decir, que la red comience a vibrar en energías mucho más suaves, por lo tanto, que comience a vibrar mucho más lentamente a medida que se llega a la temperatura en que se presenta la superconductividad y otros, que requieren, por el contrario, de vibraciones mucho más rápidas de la red para que se permita la superconductividad. Los experimentos de Karlsruhe indican que no existe una variación fundamental en la manera como vibra la red cuando se pasa del estado de la cerámica en que no es superconductora al de superconductora; por tanto, un gran cambio del espectro fonónico no debe ser la base de la explicación.

En esos experimentos me baso para pensar que se trata de una interacción electrón-fonón, y que lo que sucede con la impurificación es la creación de electrones que pueden acoplarse con el fonón ya existente. Creo que ese es el mecanismo que da lugar a los

superconductores de alta temperatura crítica, y existe alguna evidencia experimental de ello. Nosotros encontramos algo similar en los estudios que realizamos, en los últimos dos años, en bisulfuro de tántalo intercalado con glicina. Según parece, tal compuesto produce algo que se asemeja a lo que está sucediendo en estos superconductores de alta temperatura crítica, en tanto es un fenómeno esencialmente bidimensional y en tanto que no hay gran cambio en el espectro fonónico: es la llegada de nuevos electrones a la superficie de Fermi, por diferentes caminos, la que es fundamental a la superconductividad a altas temperaturas críticas.

La necesidad de una ingeniería de la superconducción

Elementos: Esas son las interrogantes teóricas ¿y a nivel práctico?

Los experimentos que se están realizando consisten esencialmente en la producción y el estudio o caracterización de las muestras. A nivel práctico tenemos varios estudios que hacer: hay que empezar por indagar las propiedades mecánicas de las muestras. Se necesita resolver el problema de que las cerámicas tienen propiedades mecánicas que complican su aplicación, son quebradizas, por lo que hay que encontrar las formas de producir distintos materiales con propiedades más fáciles de manejar tecnológicamente. Para hacer circuitos integrados, vamos a tener ese problema; para que resistan las tensiones que provocan los grandes campos magnéticos en el conductor, también. Hay una gran cantidad de problemas de ingeniería que todavía no están resueltos y a los que la gente se avoca incluso en México.

En el Instituto de Física de la UNAM, Lorenzo Martínez está tratando de buscar cómo modificar las propiedades mecánicas de estas cerámicas superconductoras. En el Instituto de Materiales, que

fue donde se produjo la primera muestra de superconductor de alta temperatura crítica en México, se está tratando de caracterizar las muestras y de producir nuevas muestras haciendo el proceso un poco más sistemático y ensayando nuevos compuestos.

En Puebla tenemos, en primer lugar, el grupo teórico de superconductividad: un grupo que tiene una tradición de doce años de trabajo. Está compuesto por dos investigadores activos en superconductividad y uno más que recién llegó y probablemente se incorpore a la investigación; tenemos tres estudiantes doctorales, hemos realizado 12 tesis de licenciatura y 12 de maestría en el campo de superconductividad, comenzamos la producción de muestras superconductoras, comenzamos a contar con la colaboración de dos expertos en crecimiento de este tipo de muestras y tenemos la ayuda del Departamento de Química del ICUAP donde se han producido ya muestras superconductoras y se seguirán produciendo y caracterizando (ellos tienen aparatos para su caracterización, análisis del espectro infrarrojo, rayos X y para la producción misma de las muestras).

La ciencia mexicana lista para la superconductividad

Una de las principales interrogantes, al dirigirnos hacia el Instituto de Estado Sólido era si en México existía la preparación científica suficiente, como para no ser ésta otra de las revoluciones científicas y tecnológicas, históricas, que nos pasaran de largo, dejando como secuela la incrementación de la dependencia, que funciona, en ocasiones, como freno a la significación social de los avances tecnológico-científicos. De hecho, la conversación se deslizaba ya hacia ahí. Pedimos su puntualización: ¿está la ciencia en México a la altura de los acontecimientos? El doctor Baquero respondió sin



Oxidos Superconductores

El año de 1986 y los primeros meses de 1987 han contemplado el génesis de una revolución tecnológica: el descubrimiento de los óxidos superconductores. Uno de los puntos culminantes en este desarrollo tuvo lugar la noche del 18 de marzo del presente año cuando en una sesión especial sobre superconductividad en el Congreso de la Sociedad Americana de Física realizado en Nueva York, se reportaron los avances más recientes en la búsqueda de superconductores de elevada temperatura crítica. Fue una sesión fuera de serie, con más de 5 horas de duración, a la que el *New York Times* denominó el "Woodstock de la Física".

Para entender el por qué de tanto interés en torno de los superconductores, veamos un poco de la historia de cómo se ha desarrollado la superconductividad. En 1911 el científico holandés Heike Onnes fue el primero a descubrir que algunos metales se volvían superconductores cuando se enfriaban a temperaturas cercanas al cero absoluto 0°K ($\sim -273^{\circ}\text{C}$); esto es, a temperaturas del orden de 4°K ($\sim -269^{\circ}\text{C}$) la conductividad del material se incrementaba súbitamente en varios órdenes de magnitud (a la temperatura que ocurre este cambio se le conoce como temperatura crítica, T_c). Para lograr temperaturas tan bajas era necesario usar helio líquido, de costo muy elevado. A partir de entonces comenzó una búsqueda de materiales que presentaran la fase superconductor a mayores temperaturas críticas; pero fue una búsqueda lenta y difícil. En 1941, se descubrió que ciertas aleaciones de niobio (Nb) se volvían superconductoras a 15°K (-258°C). En 1973, mejoras en las aleaciones de niobio sólo consiguieron elevar la temperatura crítica a 23°K (-250°C); estas temperaturas hicieron posible la aplicación de los superconductores en la fabricación de magnetos usados por ejemplo en aparatos médicos para la formación de imágenes del interior del cuerpo humano.

La revolución se inició en 1986. Durante casi 3 años Alex Muller, físico de IBM Zurich, y su colega Georg Bednorz estuvieron estudiando un grupo de óxidos que contenían cobre y níquel y que presentaban algunas propiedades metálicas intrigantes. En enero de 1986 midieron una temperatura crítica récord de 30°K (-243°C) en un óxido de cobre con lantano (La) y bario (Ba); pero este resultado sólo fue recibido para publicación el 17 de abril de 1986, después



Investigadores participantes en la "Gordon Conference on Crystal Growth" realizada en el mes de febrero de 1987 en Santa Barbara, California. Durante esta reunión el doctor Ching-Wu Chu de la Universidad de Houston reportó un compuesto superconductor estable con una temperatura crítica de 98°K. Al centro de la foto, señalando con una flecha, se localiza el doctor Cristóbal Tabares Muñoz quien junto con la doctora María Eugenia Mendoza Alvarez de la Escuela de Ciencias Químicas de la UAP, obtuvo la primera muestra superconductora en Puebla.

Una revolución tecnológica

*Julio Mendoza Alvarez **

de pruebas adicionales para estar seguros del descubrimiento. A partir del reporte de Berdnoz y Muller, varios equipos de científicos comenzaron a investigar las propiedades superconductoras de los óxidos de cobre. Para diciembre de 1986, en una reunión de la "Materials Research Society" en Boston, fueron presentados resultados por Shoji Tanaka de la Universidad de Tokyo y Ching-Wu Chu de la Universidad de Houston: la temperatura crítica había sido aumentada a 39°K (-234°C). A finales de 1986 varios grupos más se habían sumado en la carrera de superconductores: los laboratorios de AT&T; el Instituto de Física en Beijing, China; la Universidad de Tokyo y la Universidad de Houston. Después de esto, C-W Chu decidió substituir el lantano por el ytrio (Y) en el óxido de Bardnoz y Muller. Trabajando con investigadores de la Universidad de Alabama registraron signos de superconductividad a 100°K, pero al día siguiente habían desaparecido; después de probar decenas de recetas para tratar de estabilizar las propiedades superconductoras a altas temperaturas, a inicios de febrero de 1987 en seminarios impartidos en la Universidad de California en Santa Bárbara y en la "Gordon Conference on Crystal Growth" que se celebraba también en Santa Bárbara, Chu reportó un compuesto superconductor estable con una temperatura crítica de $T_c = 98^\circ\text{K}$ (-175°C). Por primera vez se rompía la barrera de la temperatura del nitrógeno líquido: 77°K (-196°C), un líquido criogénico mucho más barato que el helio líquido. Esto abría las puertas para una aplicación a gran escala de los superconductores.

Después del descubrimiento de Chu, los grupos de investigación en Tokyo, en Beijing, en AT&T, y en IBM siguieron su huella, y substituyendo además con otros elementos tales como el calcio (Ca) y el lutetio (Lt.), lograron varios óxidos que presentan la fase superconductora a temperaturas por arriba de 90°K.

Durante la reunión de primavera de la "Materials Research Society" efectuada el pasado mes de abril en Anaheim, California, los últimos resultados que se han obtenido para los óxidos superconductores indican una T_c para el sistema Y-Ba-Cu-O de 118°K (-155°C); además los investigadores de Sandia Labs. reportaron la fabricación en gran escala de alambres hechos con una matriz orgánica

grandilocuencias ni sofisticaciones lingüísticas, como lo habría hecho durante toda la plática.

Esta es una pregunta muy interesante. Es la pregunta que más entusiasmo ha causado en México. Ha sido creado un comité nacional de superconductividad, compuesto por varias personas del Instituto de Física y del Instituto de Materiales, ambos de la UNAM, y algunas personas de fuera de ella, entre quienes está Isaac Hernández, del CINVESTAV y estoy yo, de la UAP. El comité comprende unas diez personas.

En la reunión de conformación del comité hubo una intervención de Jorge Flores, conocido físico que fuera subsecretario para la investigación científica de la Secretaría de Educación Pública y coordinador del Instituto de Física de la UNAM. Dijo que era la primera vez que él veía que la comunidad científica mexicana podía enfrentar con ventaja un descubrimiento que aparejara cosas tan revolucionarias como es éste. También hizo notar que era la primera vez que había hechos importantes en la provincia que pudieran contribuir al desarrollo de esta eventualidad. En realidad fue muy generoso, repitiendo sus palabras, dijo: que era la primera vez que el liderazgo se encontraba en provincia. Es un acto de mucha generosidad de parte de él.

Para contestar directamente a la pregunta: México tiene cómo responder. No creo ni quiero tampoco crear un entusiasmo excesivo. Lo que tenemos es una serie de individualidades bien preparadas que pueden interactuar de manera correcta con la comunidad internacional en este campo, como lo tenemos en algunos otros. En México existe superconductividad; hay gente que ha trabajado durante varios años seguidos la superconductividad. Retrayéndose a diciembre de 1986, podíamos encontrar el grupo de el Instituto de Investigación de Materiales, donde se encontraba Roberto Escudero, y acá en la UAP el grupo que ya

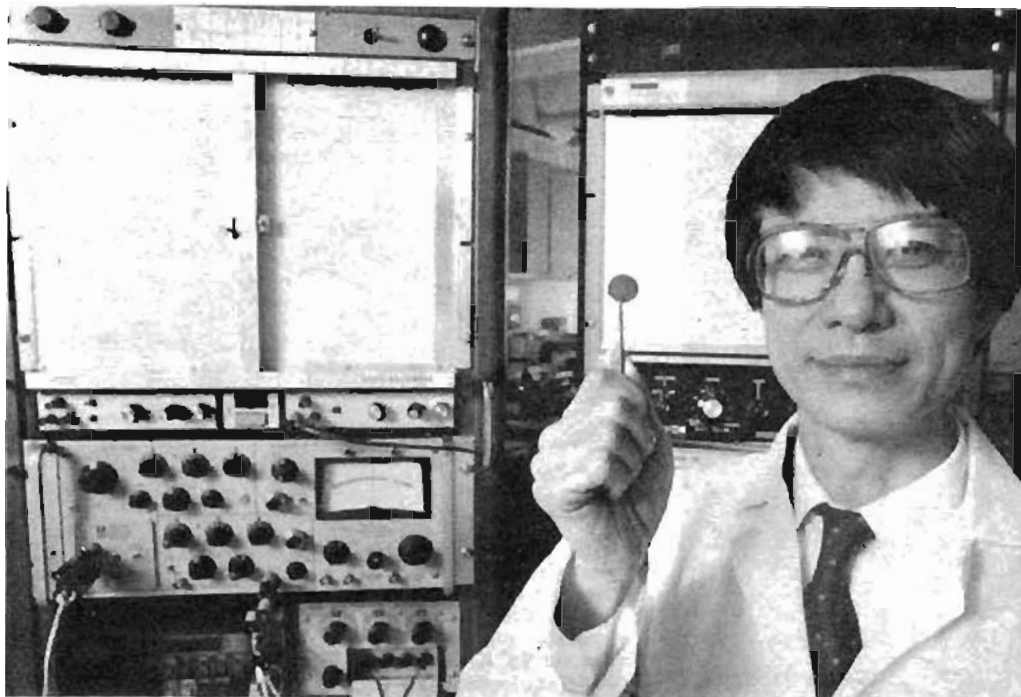
* Universidad de California, Sta Bárbara. Depto. de física, CINVESTAV, IPN.

mentoné y que tiene varios años trabajando en ello. Existió un grupo grande en el Instituto de Materiales que se fue desintegrando por el efecto del pesimismo que se dio a comienzos de la década de los 80 y que fue colocándose en diferentes partes. Algunos de ellos están volviendo; incluso en la lista de las personas que fueron enviadas por la UNAM para participar en el comité nacional de superconductividad podemos encontrar a varios de los que regresan a estas actividades.

México tiene una serie de individualidades que pueden responder a la eventualidad actual, por decirlo así, al tú por tú con la comunidad científica internacional; pero una cosa distinta es tener una especie de ejército científico que pueda encargarse de un impacto tecnológico en el México contemporáneo. Estamos pagando o vamos a pagar errores cometidos en la política de desarrollo científico: poco se cree, en México, en la ciencia. Poco se cree en serio; es decir, poco se invierte tomando los procesos científicos y tecnológicos tal como son.

No podemos improvisar gente. Es un proceso que requiere, mínimo, de diez años. Pero un investigador es una persona que además de doctorarse se ha posdoctorado (dos años más) y que comienza a producir sus propias ideas (cosa que implica, por lo menos, dos años más); así que desde que se entra a la licenciatura hasta que se convierte en investigador son procesos que llevan quince años. Entonces, si tomamos la ciencia en serio, y a México no le queda otro camino que tomar la ciencia en serio y muy en serio, estamos hablando entonces de hacer inversiones que puedan esperar ese tiempo para mostrar su impacto social. Así son las inversiones en cualquier rama que realmente tenga la perspectiva de dar soluciones nuevas.

No creo que con paños de agua fría se puedan encontrar las bases para que México pueda superar



Ching-Wu Chu de la Universidad de Houston reportó un compuesto superconductor

y $T_c = 79^\circ\text{K}$; Bell Labs. reportó alambres hechos en una matriz con plata y con $T_c = 91^\circ\text{K}$.

Ahora se ha iniciado la carrera por transferir estos óxidos superconductores de materiales de laboratorio al mundo práctico. Para esto, debe ser posible moldear los superconductores en forma de alambres, de núcleos para magnetos, o de recubrimientos delgados para ser usados en circuitos de computadora. Estos óxidos son básicamente cerámicas, y por lo tanto son quebradizos y frágiles, de modo que no será fácil el paso del descubrimiento a la aplicación en dispositivos.

La búsqueda de nuevos óxidos que presenten superconductividad a temperaturas por arriba de los 100°K (-173°C) continúa: sin embargo, el torrente de descubrimientos ha dejado a los físicos con algunos cabos sueltos ya que todavía no se entiende el por qué dichos óxidos son mejores superconductores. Como lo expresa el Prof. Schrieffer de la Universidad de California en Santa Bárbara, que ganó el Premio Nobel junto con Bardeen y Cooper por el desarrollo de la teoría de los superconductores, "puede ser que pasen varios años antes de que sepamos lo que pasa, pero puede ser que no haya límite teórico para qué tan elevada pueda ser la temperatura crítica".

Al haberse roto la barrera de temperaturas críticas de superconductividad mayores a la del N_2 líquido, se abre todo un mundo de posibles aplicaciones, las cuales una vez concretizadas revolucionarán varios campos de la ciencia y la tecnología. La transmisión de energía eléctrica a través de líneas superconductoras evitaría las pérdidas de alrededor del 50% que se tienen en la conducción de electricidad a través de alambres de cobre. La eficiencia de las plantas generadoras de electricidad aumentaría al usar generadores fabricados con electromagnetos superconductores. El uso de potentes magnetos superconductores puede hacer posible la construcción de trenes de alta velocidad que "leviten" sobre los rieles, el problema de refrigerar con N_2 líquido no sería ya crítico; además, la construcción de motores superconductores más potentes y de menor tamaño podría hacer prácticos a los coches eléctricos. Quizás una de las áreas a sentir mayor impacto sea la electrónica: durante varios años se ha trabajado en "microchips" superconductores conocidos como "uniones Josephson", con el inconveniente de que se tenía que usar refrigeración por helio líquido; ahora parece factible el uso de este tipo de dispositivos, que son alrededor de 1000

veces más veloces que los transistores convencionales de silicio, en la construcción de, por ejemplo, sistemas de radar superiores a los actuales, trabajo que pretende desarrollar Westinghouse Electric Corp. La posibilidad de fabricar películas delgadas superconductoras con las mismas características sería el punto de partida para los "superchips" del mañana; IBM está ya trabajando activamente en esa dirección. En el área de la medicina habrá también cambios: los analizadores de resonancia magnética nuclear (NMR) se basan en potentes magnetos superconductores para producir imágenes sin paralelo de los órganos del cuerpo. Con los nuevos materiales se espera poder tener magnetos 10 veces más poderosos que los actuales; aunado a esto, la reducción en el costo y construcción de los analizadores NMR al cambiar de un sistema de enfriamiento por He_2 líquido a uno que use N_2 líquido, hará más accesible el uso de este tipo de instrumentos para el diagnóstico médico. El advenimiento de estos nuevos superconductores pudiera ser la clave para lograr en la práctica la fusión nuclear; en este tipo de reactores se necesita de magnetos muy poderosos que generen campos magnéticos de intensidad suficiente para confinar el plasma que se forma para desencadenar la fusión nuclear.

Aun cuando ya se vislumbran las diferentes aplicaciones que este nuevo tipo de superconductores puede tener, queda mucho camino por recorrer para entender el mecanismo básico que da origen a tan elevada temperatura crítica. Se sabe por ejemplo que pequeños cambios en la composición de la aleación La-Sr-Cu-O pueden causar cambios drásticos en las propiedades superconductoras; se trabaja actualmente para correlacionar el cambio en la estructura cristalina del óxido con el cambio en sus propiedades superconductoras. Para la aleación Y-Ba-Cu-O descubierta por Chu, que es la que hasta la fecha ha dado las mayores temperaturas críticas, se ha determinado que el estado superconductor se produce a mayores temperaturas cuando el óxido se encuentra en la fase cristalina ortorrómbica. La teoría BCS, desarrollada por Bardeen, Cooper y Schrieffer para explicar la superconductividad nos da una relación entre la T_c del material, y las propiedades microscópicas del mismo:

$$T_c \sim \langle W \rangle \exp(-1/N(0)V)$$

donde $\langle W \rangle$ es la frecuencia de los fonones (vibraciones de la red cristalina); $N(0)$ es la densidad electrónica de estados en el nivel de Fermi; y V es la intensidad del acoplamiento electrón fonón. Las investigaciones actuales están dirigidas a encontrar la causa del incremento en T_c : ¿hay un incremento en la interacción del electrón-fonón para una estructura cristalina dada? ¿Existe un aumento en la frecuencia de los fonones causada por algún efecto isotópico, o por la menor masa del átomo de oxígeno? Es claro que si se llega a determinar el mecanismo que permite incrementar T_c , se puede incrementar el mismo y, por qué no, llegar a tener superconductores a temperatura ambiente.

Como hemos visto, la investigación y desarrollo de estos nuevos óxidos superconductores está siendo llevada a cabo en forma multidisciplinaria. La investigación básica se está encargando de dilucidar los mecanismos que permiten tan elevada T_c y la caracterización de los óxidos. La altamente desarrollada tecnología de las cerámicas está haciendo posible el uso práctico de los superconductores; y las diferentes áreas de la ingeniería se avocan hacia los usos factibles de estos nuevos materiales en todas las áreas de la tecnología. Como es usual, el Japón no se ha quedado atrás, y el Ministerio de la Industria y Comercio Internacionales (MITI) ha formado ya un consorcio donde participan investigadores de laboratorios gubernamentales, industriales y universitarios; su meta: "explotar el fantástico mundo de futuras industrias prometidas por los nuevos superconductores".

Es en estos quiebres tecnológicos, como lo es el descubrimiento de los óxidos superconductores, cuando países en desarrollo que aún poseen incipientes tecnologías tienen la oportunidad de sumarse y beneficiarse del desarrollo de tecnologías de frontera. La forma de lograrlo es conocida, no hay nada que inventar: la colaboración estrecha de la investigación básica en las universidades y el desarrollo de la tecnología en las industrias con el total apoyo del sector gubernamental podrá hacer posible que México pueda saltar al "tren" en el que se está gestando el desarrollo de los superconductores, y por poco tiempo ese tren aún se puede alcanzar.

una crisis profunda, a la cual se le han dado toda clase de soluciones políticas —marchando algunas más, otras menos—; México requiere vientos más fundamentales, ideas más de fundamento. Y son posibles, lo está demostrando Brasil, por ejemplo, que está encontrando nuevos caminos y nuevas esperanzas basado precisamente en haber apoyado, por lo menos diez años antes que México, de manera muy seria la ciencia y la tecnología, y de haber tomado las medidas políticas necesarias para que la ciencia pueda salir adelante. En Brasil se han tomado medidas como reservas de mercado, como el uso a fondo de las posibilidades tecnológicas que el país produce... que son medidas que van a la par con el gran apoyo a la investigación.

Resumiendo: depende ahora de muchas cosas, pero fundamentalmente de un apoyo decidido, abundante, suficiente y también prolongado, el que vaya a poder México crear parte de esta nueva tecnología que permite la superconductividad, o el que vaya a presenciar, como ya lo hizo con la tecnología de los semiconductores, la llegada de todos los productos con marcas extranjeras. Esta es una decisión que tiene que tomarse, que tiene que durar (no se trata de dos ni de tres años): incluso hay que estudiar y planificar un poco la formación de recursos humanos altamente calificados.

Prepararse para el futuro (presente)

Es el momento de plantearse la formación de recursos humanos altamente calificados —acababa de decir el doctor Baquero, estableciendo así el vínculo a un nuevo punto que pasa inmediatamente a desarrollar—. De tratar si no de planificarlos, por lo menos sí de crear ambientes dentro de los cuales pueda haber un gran desarrollo. El Departamento de Física del ICUAP ha contribuido con una

idea que a mí me parece trascendental: la creación de la Escuela Nacional Propedéutica y de actualización. Poco a poco se está convirtiendo en el foro dentro del cual se pueden plantear preguntas como de dónde van a salir los próximos cincuenta doctores en física en México, en dónde se van a formar, a dónde van a ir a trabajar, qué planes van a desarrollar, etc. Además el grave problema de homogenizar los niveles de los grados, independientemente de las instituciones que los estén otorgando. Este es un problema grave que implica la constitución de centros de producción de recursos humanos altamente calificados, y ahí el mantener la calidad será crucial.

Volviendo al panorama global, nos falta apoyo. (Aunque, debo reconocer que hemos tenido. Por lo menos el Departamento de Física ha tenido un apoyo bastante importante de diferentes sectores dentro y fuera de la Universidad.) A nivel de colectividad científica de estado sólido en el país, nos falta apoyo: nos falta estabilidad en el apoyo, nos faltan posibilidades de llevar hacia la sociedad nuestras ideas, nos falta un cambio en el ambiente industrial, en general. En México, el industrial, compra una máquina y lo único que le preocupa es cuánto dinero le va a sacar a esa máquina hasta que se le acabe y, obviamente, por obrar con la mayor seguridad, si se le daña manda a Estados Unidos o a Europa o a Japón pedir un técnico que se la arregle. No hay la actitud de jugar en conjunto el momento histórico para tratar de lanzar el país hacia nuevas soluciones.

Nosotros tenemos un aporte a la solución; no tenemos la solución. La solución es muy compleja, requiere de la actividad política, de la actividad industrial, actividad comercial, actividad económica, además de la actividad científica y de la tecnológica. Nosotros podemos ser una base de solución; pero no podremos ser la solución. Nadie puede ser la solución unila-

El nuevo mundo de la Superconductividad*

Productos y tecnologías que alguna vez soñamos

Energía de fusión barata e inagotable, computadoras personales tan poderosas como las mejores, trenes que vuelan sobre rieles a velocidades de avión; se ha dado un gigantesco paso para que todo esto se vuelva realidad. Mientras los científicos desarrollan una nueva generación de superconductores de alta temperatura crítica, plantando la semilla de un mañana casi utópico, corresponderá a los ingenieros recoger la cosecha.

Esto no va a ocurrir de la noche a la mañana. Los nuevos materiales que los investigadores están produciendo en los laboratorios tendrán que ser, todavía, transportados a las fábricas. Deberán superarse barreras significativas antes de que los circuitos experimentales para una computadora superconductora se puedan convertir en circuitos integrados (*chips*) producidos en masa. Una pequeña muestra de alambre está lejos de convertirse en los cables que habrán de atravesar de un lado a otro la nación.

Incluso en la veloz empresa de la electrónica será probablemente hasta 1990 cuando los productos terminados salgan a la luz. En cuanto a los artículos eléctricos, podría tomarse de diez a veinte años para que los nuevos revolucionarios superconductores tengan un impacto significativo en la distribución de la energía. El reto de superar los resultados de laboratorio "podría ser formidable" advierte Paul M. Grant, gerente de investigación en magnetismo de la *International Business Machines Corporation*.

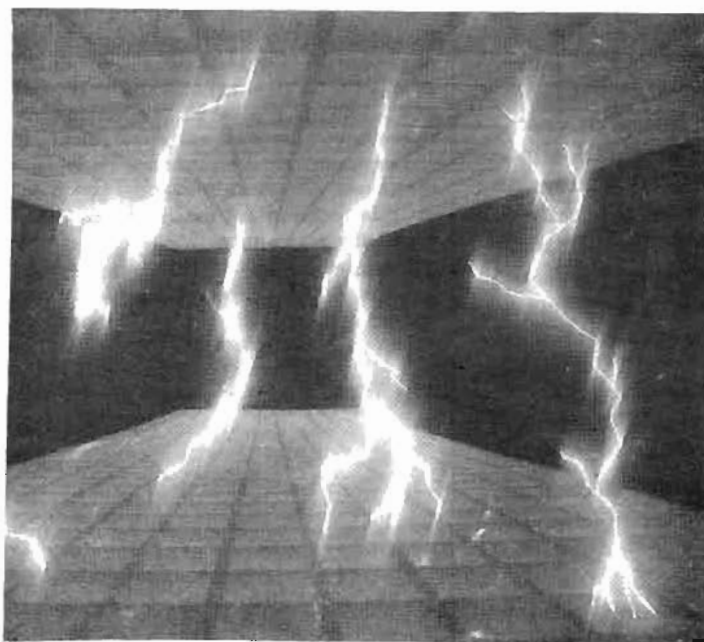
Whisky y Agua

La superconductividad ha estado, has-

ta ahora, limitada a algunas pocas aplicaciones porque los materiales disponibles tenían que ser enfriados a temperaturas extraordinariamente frías, con helio líquido que es muy caro. "El helio líquido cuesta más o menos lo mismo que el Whisky escocés" dice Walter L. Robb, vicepresidente para la investigación y desarrollo en la *General Electric Company*. El nitrógeno líquido cuesta aproximadamente el diez por ciento del agua embotellada. Incluso con sistemas aislantes muy complicados y caros, el helio líquido se escapa mucho más rápido que el nitrógeno líquido, que puede ser protegido con simples aislantes plásticos.

La idea de que pronto será económicamente viable poner la superconductividad en usos innumerables está iniciando proyectos de desarrollo en cientos de compañías de todo el mundo. Las ganancias serán enormes. Y si finalmente se descubren superconductores a temperatura ambiente, el mundo podrá ser transformado por completo. Esos materiales "calientes" podrían suministrar nuevas herramientas, más eficaces, para cualquier tecnología relacionada con la electricidad. Pero es suficiente el proyecto de superconductores a temperaturas de nitrógeno líquido para que se emocionen la mayoría de los ingenieros industriales. Los prácticos superconductores enfriados con nitrógeno podrían ahorrar gastos billonarios y ahorrar la suficiente energía para poner cincuenta plantas generadoras o más dentro de bolas de naftalina. Los alambres de cobre han sido el conductor elegido, pero pierde mucha energía. El cobre absorbe de cinco a quince por ciento de flujo eléctrico en líneas de transmisión de trayectos largos y todavía hay más pérdidas en las líneas locales de distribución. Para la *Pacific Gas and Electric Company*, estas pérdidas suman 200 millo-

* Por John W. Wilson de San Francisco y Otis Port de Nueva York, tomado de reportes de agencias (traducido por María Eugenia López).



nes de dólares al año, "un buen incentivo para usar un nuevo conductor" dice Virgil G. Rose, vicepresidente de operaciones.

Habiendo tanto en juego, ha habido interés en desarrollar líneas de transmisión y generadores de energía incluso con la tecnología superconductora existente. La investigación empezó a fines de los años sesenta pero se interrumpió finalmente cuando la crisis de energía se desvaneció y no se logró abaratar el costo producido por enfriar con helio líquido. De hecho se construyó una línea en los Estados Unidos, una instalación de prueba de 300 pies de largo en el *Brookhaven National Laboratory*; ésta mostró que la tecnología no podía competir con un sistema convencional a menos que todas las necesidades de energía eléctrica de una ciudad fueran suministradas a través de una sola línea para poder minimizar los costos de enfriamiento, dice Carl H. Rosner, presidente de *Intermagetics General Corporation*. Debido a la poca confiabilidad de un sistema así, ninguna ciudad soñaría con poner todos sus watts en un solo cable. Si los nuevos transmisores superconductores pueden ser adaptados a cables que resistan cargas de alto poder y corriente alterna, podrían costarse diez o doce líneas de alimentación.

Por los altos costos ha decaído el interés en usar poderosos imanes superconductores para construir trenes de altas velocidades que se levanten por encima de sus vías. Ese interés

también pudiera estar reviviendo, pero los posibles constructores de los llamados trenes *maglev* (mag por magnética y lev por levitación) más probablemente están en Alemania Occidental o en Japón, países que han seguido invirtiendo seriamente en investigaciones sobre esto; o en Canadá que todavía sostiene un modesto esfuerzo.

William F. Hayes, un oficial de investigación del *Consejo Nacional Canadiense de Investigación* y uno de los creyentes del tren *maglev*, empieza anticipadamente a emocionarse. Los nuevos superconductores tendrán un "impacto tremendo en *maglev*", dice Hayes. "Los mayores problemas estaban en la refrigeración de las unidades y en la seguridad. Todo eso queda ahora eliminado." No son los trenes los únicos vehículos que pudieran beneficiarse. Hayes predice que los motores superconductores, de la mitad o la tercera parte del tamaño de los motores normales, podrán algún día impulsar barcos. Y se eliminará también la contaminación urbana del aire, volviendo prácticos los coches eléctricos.

Probablemente sea en la electrónica donde esté la mejor oportunidad de los EU en la explotación de la nueva tecnología. Ahí, la superconductividad anunciará lo que Sadeg M. Faris llama "la tercera era de la electrónica", después de los tubos de vacío (bulbos) y los transistores. Faris trabajó con *microchips* superconductores conocidos en la IBM como juntas de Josephson. Cuando *Big Blue*, después de

teralmente: ni el gobierno, ni los empresarios. Por eso creo finalmente, que o en México habrá una gran cantidad de trabajo para los científicos y para los tecnólogos, en el futuro inmediato o no habrá un futuro interesante para nadie. Lo digo convencido y aunque suene a advertencia: la crisis que se presenta en México se encuentra en un punto en el cual puede derivar hacia consecuencias muy graves, muy dramáticas para el pueblo mexicano.

El comité nacional de superconductividad

El comité tiene como primer objetivo el tratar de coordinar la actividad científica en torno a la superconductividad. Vamos a hacer una solicitud de recursos a nivel nacional y vamos a tratar de "centralizar" esto en diferentes partes para que, en primer lugar, conozcamos con mucha velocidad los trabajos de unos y de otros. En esto las ideas son muy importantes, los resultados experimentales también, es muy importante que se hagan rápido nuevos ensayos. Vamos a crear un ambiente de permeabilidad hasta hoy inexistente. Trataremos que si alguien propone un experimento en Puebla, éste se pueda hacer en la UNAM o se pueda hacer en el CINVESTAV, y que realmente se haga con buena voluntad; que si alguien propone, por algún experimento que hizo, que se haga un cálculo, entonces la gente teórica inmediatamente responda a eso, de tal manera que podamos tener una retroalimentación muy rápida. Intentaremos además hacer que todos los resultados circulen, para evitar que los trabajos se dupliquen, o que se estén ignorando trabajos y resultados obtenidos por otros.

El problema de comunicación del trabajo externo también lo queremos resolver: debido a que las cosas están sucediendo tan rápido, uno ya no recibe revistas (la información es ya vieja para

cuando la revista se recibe), las noticias salen en *prepublicados* (*pre-prints*), cosas que la gente escribe y les saca fotocopias; no suele ser una gran cantidad de estos materiales los que a cada uno nos llega, pero sí sumándolos a todos, juntándolos; intentamos hacerlos circular muy rápidamente (yo, por ejemplo, recibí una muy buena cantidad de *preimpresos* de parte de Lorenzo Martínez, en el IFUNAM; alrededor de 50 que hicieron el favor de fotocopiar para mí). Nosotros también estamos intentando hacerles llegar todos los que recibimos, lo más rápido posible.

Otra de las cosas que intentamos es dar una base mínima sobre la cual permitir la entrada de gente nueva, que tiene conocimientos, que son especialistas en alguna rama que puede ser útil a la superconductividad; pero que no conoce la superconductividad. Hay grandes nombres que se pueden mencionar: todo mundo conoce los importantes cálculos de Jaime Keller, premio nacional de ciencias; son cálculos muy interesantes que pueden ser utilizados en superconductividad, pero Jaime no es especialista en superconductividad. Para lograr un esfuerzo unificado, entonces, vamos a hacer unos cursos rápidos: voy a dictar un curso en la UNAM el 28 y el 29 de mayo, un curso muy intenso de 4 sesiones de hora y media el 28 y una sesión de hora y media el 29, y voy a hacer lo mismo el 25 y el 26 en el CINVESTAV. Esto con la idea de que una vez que la gente conozca la problemática general, tenga el marco general de qué es la superconductividad y de los problemas que plantean estos nuevos elementos superconductores y pueda saber dónde la actividad en la cual es especialista puede ser útil. Con esto intentaremos aunar gente al movimiento de la superconductividad, bien coordinada.

Estas son las primeras finalidades del comité de superconductividad. Probablemente a futuro, hagamos algunas propuestas direc-

catorce años de trabajo, decidió en 1983 que la tecnología era algo inútil, Faris lo dejó y encontró *Hypres Incorporated*. En febrero, menos de cuatro años después, *Hypres* descubrió el primer sistema basado en las junturas de Josephson. Ahora Faris asegura que *Hypres* será el primero en construir *chips* con los nuevos materiales ya que "nadie más en el mundo tiene una línea manufacturera produciendo *chips JJJ*".

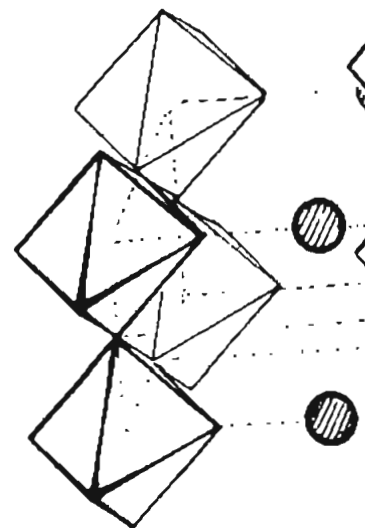
Superchips

Grandes compañías de electrónica, desde la IBM hasta la *Varian Associates* compiten en la investigación de los nuevos superconductores. "Los tipos están trabajando como maniáticos" dice John K. Hulm, director de investigación corporativa de la *Westinghouse Electric Corporation*. "No he visto nada así en muchos años." La *Westinghouse* quiere usar las junturas de Josephson, que son hasta mil veces más rápidas que los transistores convencionales de silicón, para construir sistemas de radar que superarán a cualquiera de los actualmente disponibles. En la *Varian*, un destacado fabricante de equipo para la producción de semiconductores, se hace un esfuerzo intensivo para verificar el trabajo de superconducción en películas delgadas realizado en las cercanías de la Universidad de Stanford. Estas películas podrían ser el punto de partida de los *superchips* del mañana.

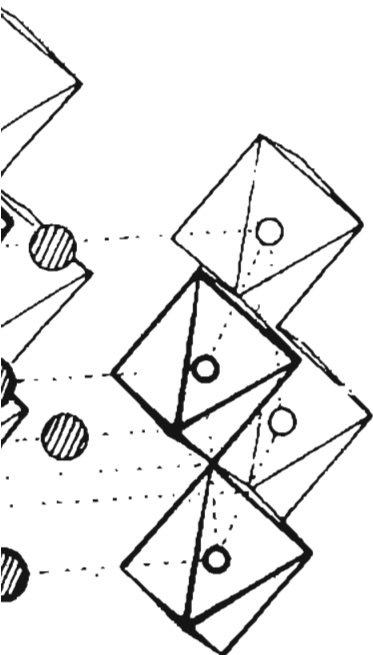
La salud es otra de las áreas en las que los superconductores podrían tener un impacto inmediato. Dispositivos de explotación de resonancia nuclear magnética (RNM) dependen de poderosos imanes superconductores para producir una visión sin precedentes de los órganos del cuerpo humano. Los nuevos materiales prometen imanes diez veces más poderosos que los que ahora se usan; y si las máquinas RNM se deshicieran de los costos y de las dificultades asociadas a sus sistemas actuales de enfriamiento con helio, su mercado podría ser mucho mayor. "Se podrían poner los RNM en los hospitales más pequeños, incluso en clínicas" dice el Dr. Paul Winson, director de desarrollo de negocios en el *British Oxford Instruments Group PLC*, el principal proveedor de imanes RNM. La empresa *Diaconic Incorporated* que ha vendido más de cien ex-

La estructura del K_3NiF_4 es el tipo de estructura presentada por los óxidos superconductores de alta T_c . La sección punteada en la parte inferior del dibujo representa la celda unitaria de la estructura peroxquita cúbica; si tales secciones se desplazan como se muestra en la figura, se forma una estructura tetragonal con c 3a, siendo a la longitud del parámetro de celda de la estructura peroxquita.

La estructura del K_2NiF_4 representada en función de los oxígenos que rodean al catión menor (Ni) en una geometría octaédrica, formando una estructura en capas.



Modelo del prototipo (cúbico) de la peroxquita ABX_3



ploradores RNM, calcula que el enfriamiento con nitrógeno líquido pudiera ahorrar 100 000 dólares al año en costos de operación por cada máquina.

Los nuevos materiales superconductores podrían producir también imanes que darían a los físicos teóricos una mejor visión del interior de las partículas atómicas. Con sólo eliminar el helio que se necesitaba para enfriar los 10 000 imanes gigantes en el supercolisionador superconductor propuesto, se ahorrarían 160 millones de dólares del costo presupuestado de 4.4 billones de dólares del triturador atómico, además de acortar en un 25% el uso de energía. Los investigadores argumentan que el proyecto no debe detenerse en espera de que se elimine al helio porque hay luz verde del presidente desde principios de año, pero que debe mantenerse abierta la posibilidad de sustituir esos imanes. "Podríamos usarlos para multiplicar cuatro o cinco veces la energía del instrumento" dice Stanley G. Wojcicki, director suplente del proyecto. "Eso daría un tremendo impulso al alcance científico."

Ultimamente los físicos esperan que los nuevos superconductores den la clave de la fusión nuclear práctica. Esos reactores necesitan poderosos imanes para contener el calor intenso de la reacción, que será incluso más caliente que el sol. El esfuerzo norteamericano de fusión magnética ha sido recortado en un 20% desde 1985, llegando a 345 millones de dólares este año. El Laboratorio de Física de Plasma de la Universidad de Princeton está siendo rebasado por los proyectos rivales de Europa y Japón. Robert M. Hill, científico del SRI International, espera que los nuevos superconductores revivan los proyectos de fusión.

También se podría impulsar la Guerra de las Galaxias. La Organización para la Iniciativa de Defensa Estratégica de la Oficina de Innovación Científica y Tecnológica ha asignado 500 000 dólares este año a la investigación de superconductores y planea elevarlo a 2 millones de dólares el año que entra. No es difícil entender el interés en esto, después de todo los sistemas que se transportan al espacio, contruidos con superconductores, no necesitarían ser enfriados: en el espacio "la temperatura ambiente" es hasta más fría que la del nitrógeno líquido.

tas del comité o de la comunidad científica que trabaja en superconductividad para desarrollar tecnología. Depende mucho de que logremos resolver los problemas que tenemos con los materiales, que son problemas de ingeniería de materiales.

Apenas llevamos un mes de haberlos organizado y los resultados ya son grandes; claro que para tener resultados más trascendentes habrá que esperar por lo menos un año, un año para que la gente haya logrado sintetizar propuestas interesantes.

Propuesta para los investigadores poblanos

Elementos: ¿Y en Puebla...?

En Puebla estamos tratando de organizar un programa universitario de superconductividad. La iniciativa sale de la Secretaría de Investigación y Posgrado. Intentaría hacer lo mismo que se está realizando a nivel nacional; coordinar todos los esfuerzos en diferentes direcciones. La base es lo que pueda contribuir la gente que sabe superconductividad o de producción y caracterización de muestras; pero hay preguntas de todo tipo. Las hay para que ingenieros las respondan, para químicos, y hay otras que van más allá de esos límites, por ejemplo, ¿cuáles son los minerales que existen en Puebla? Esto es importante, porque si sabemos con qué materiales se cuenta, si se pueden construir estos materiales con los que son abundantes en el estado, o en el país, hacia allá vamos a dirigir nuestra investigación, hacia los productos que contengan esos minerales, ya que sabríamos que son fáciles de obtener y de canalizar a la aplicación tecnológica.

Sería también interesante que alguien estudiara toda la problemática política, jurídica, legal, económica de la experiencia brasileña: ¿Cuáles son las medidas que han tomado?, ¿en qué circunstancias?, ¿qué desarrollo tecnológico tenían cuando las tomaron?,

¿qué piensan ellos, ahora, de haberlas tomado?, ¿cuál ha sido el ambiente de esa experiencia?, y ¿cuáles sus logros? Estas serían otras cosas que nos gustaría que se estudiaran.

Otro punto interesante es la posibilidad de planear la formación de recursos humanos. Otro, que debe ser conocido por la colectividad científica, si quiere plantear con cuidado y en términos adecuados, las posibles consecuencias tecnológicas, es conocer ¿cuáles son las leyes y los compromisos vigentes acerca de tecnología y de ciencia? Es importante que se sepa y se conozca el marco real de acción dentro del cual puede crearse un impulso tecnológico fuerte en México. Basados en el conocimiento de ello podríamos tratar de proponer que se lleven a cabo algunas acciones o, eventualmente, reformas que permitan lanzar un proyecto de consecuencias más predecibles y más esenciales.

Elementos: ¿Y se ha recibido apoyo oficial debidamente?

Lo que hizo CONACYT de inmediato fue crear un fondo especial de apoyo —no sé la cantidad, no podría yo mencionar ninguna cifra—, manejado por la división de tecnología de la Dirección adjunta de Desarrollo Tecnológico. Nosotros metimos hace ya algún tiempo un proyecto bastante grande a CONACYT y está en evaluación. Supongo que van a otorgar los recursos para poder empezar un laboratorio de superconductividad. Nosotros hemos tenido superconductividad teórica, pero no experimental, pero sí tenemos ya a las personas que pueden echar a andar este proyecto.

Tenemos también abierta la posibilidad de meter un proyecto a la OEA; pero quisiéramos que toda la universidad lo presentara. Estamos en diálogo con la Secretaría de Investigación y Posgrado para ver si podemos elaborarlo, con una base firme, y llevarlo a la OEA, para desarrollar todas estas ideas alrededor de la superconductividad.



Participantes en la V Escuela Internacional de Crecimiento Cristalino celebrada en septiembre de 1983 en Davos, Suiza. En el extremo izquierdo señalado con una flecha se encuentra el doctor Georg Berndoz, quien junto con su colega el físico Alex Muller, ambos de la IBM Zurich, reportaron en enero de 1986 una temperatura crítica record de 30 K. Caso al centro de la foto señalado con una flecha está el doctor Cristóbal Tabares Muñoz experto en cristalografía e investigador de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Puebla.

Aparte, a nivel nacional, supongo que el comité culminará con un programa nacional de superconductividad. Curiosamente el programa nacional de superconductividad es un programa que el departamento planteó en 1974; es el primer proyecto escrito —yo lo tengo todavía, en ese entonces el ingeniero Rivera Terrazas era todavía el rector—, lo planteamos en conjunto con Carlos Cambero y otros compañeros. Y decíamos ahí que una de las cosas por las cuales se debería luchar, es la creación de un programa nacional de superconductividad.

Ingeniería o política

Otra de las preocupaciones que habían rondado por nuestras cabezas, en tanto entrevistadores, era: si tenemos en México los

científicos suficientemente preparados, ¿tenemos también a los ingenieros y a los tecnólogos capaces de traducir estos aportes científicos en máquinas, aparatos, implementos que mejoren nuestra vida? Formulamos la pregunta más o menos en los siguientes términos:

Elementos: en México la ingeniería cobró un importante papel, por ahí de los cincuenta en el desarrollo del país. De hecho antes de que habláramos de físicos hablamos de ingenieros —quizá, después, doctorados en física—. Según los rubros en los que se esperan los impactos principales de la nueva tecnología: computación, medicina, transporte... ¿De dónde va a salir la posibilidad de construir nuevos vehículos, pensando además en las pecu-



liaridades del territorio nacional?, ¿o nuevas plantas eléctricas generadoras, tomando en cuenta el posible aprovechamiento de la energía solar y tomando en cuenta las innumerables poblaciones dentro del territorio nacional que aún carecen del servicio eléctrico, quizá nada más debido al costo del cableado? Puede ser que toque esto a los ingenieros, y las ingenierías en México sí son masivas, independientemente de los problemas de educación que cursan...

La respuesta fue pronta, cierta:

El problema principal es de decisiones políticas. Esto no debe ocultarse. Una cosa es la capacidad que tiene un país de hacer algo y otra es la capacidad que tenga de usar esos conocimientos. El desarrollo de México en

los últimos años es grande: el conocimiento, en el país, de ninguna manera es despreciable. Nos coloca ya en el umbral del segundo problema: una cosa es saber hacer las cosas, tener cómo hacer las cosas, y otra es poderlas llevar a cabo, encontrar el marco socioeconómico para llevarlas a cabo. Se conocen muchas historias que yo no quiero comentar; pero, por ejemplo, yo estoy convencido de que ingenieros mexicanos pueden hacer autos, sin embargo, no se hacen, estamos llenos de patentes extranjeras. No sé si eso sea conveniente o no. Pero estoy seguro de que ese, como muchos otros, es un caso en el que existe la capacidad ingenieril para hacer el trabajo, pero no se hace, quizá por razones económicas o políticas, no sé.

Este es un aspecto que tendrá que irse tratando cada vez más abiertamente. ¿Por qué es que existe la capacidad tecnológica y científica de hacer las cosas, pero que no existe el ambiente económico y político dentro del cual se puedan realizar? Eso compete a medidas políticas que salen de la comunidad científica; que interesan a la comunidad científica, pero que salen de su ambiente natural.

Los sueños tienen cabida

Elementos: ¿Cambiará esto el panorama educativo, al menos como lo modificó la introducción de la teoría de conjuntos desde la enseñanza preescolar?

Indudablemente. Esta es una de las grandes ventajas. Debo confesar que yo tengo un gran entusiasmo por ello. Creo que es lo mínimo que puede resultar de este programa nacional. Me entusiasma la posibilidad de que a la luz de este cisma nuevos buenos programas de física se generen, de que se haga mucha divulgación científica. Uno de los aspectos del programa que pusimos a consideración de la Secretaría de Investigación y Posgra-

do es la divulgación: la necesidad de preparar divulgadores profesionales, gente que divulgue cosas que en verdad conozca. Hemos obtenido un gran eco. Ya se ha comenzado a divulgar. Germán Martínez, el director del planetario, ha utilizado su programa de los sábados en un noticiero de radio; y el planetario está llegando a convertirse en un centro de divulgación realmente atractivo. Y el que sea atractivo es fundamental.

Hay que llegar a la persona de quince años. Hay que mostrarle a ellos que la física tiene futuro y que la física es parte del futuro de México —si es que el futuro de México tiene el interés que todos queremos que tenga—. A ellos hay que entusiasmar, hay que hacerles pensar que la vida no nada más consiste en ganar unos pesos para comer, que la vida debe hacerse trascendente. Que el joven tiene que llevar a cabo sus sueños, que eso le permitirá una vida mucho más interesante y que por lo menos en Puebla, es la Universidad Autónoma de Puebla la que ofrece esa opción. Eso es lo que debemos transmitir al muchacho, al que sueña todavía, no al que ya perdió los sueños y está conforme con que las cosas vengán como vienen y sigan como están.

La sociedad debe luchar por que la ciencia no se convierta en un poder enfrentado a ella

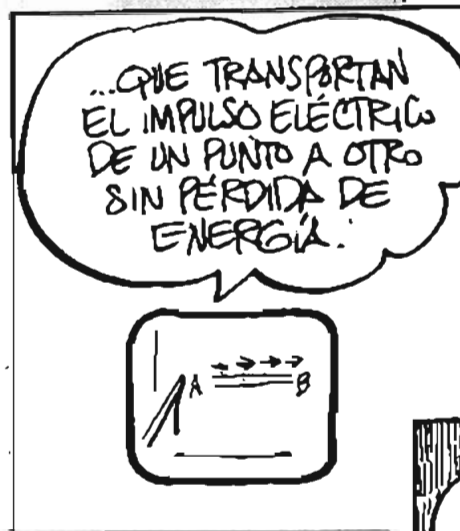
Elementos: Por último: hemos hablado de muchas cosas positivas, pero ¿tendrá esto aspectos negativos que puedan repercutir en el hombre?

Hay una situación común que se refiere a toda la historia de la humanidad, no sólo a la de la superconductividad: el conocimiento da poder, siempre se ha visto en la historia. Uno puede darse cuenta del poder que se puede ejercer sobre cualquier país: del poder que se ejerce a través del conocimiento tecnológico. Lo enorme y lo contundente que es ese poder y cómo interfiere en

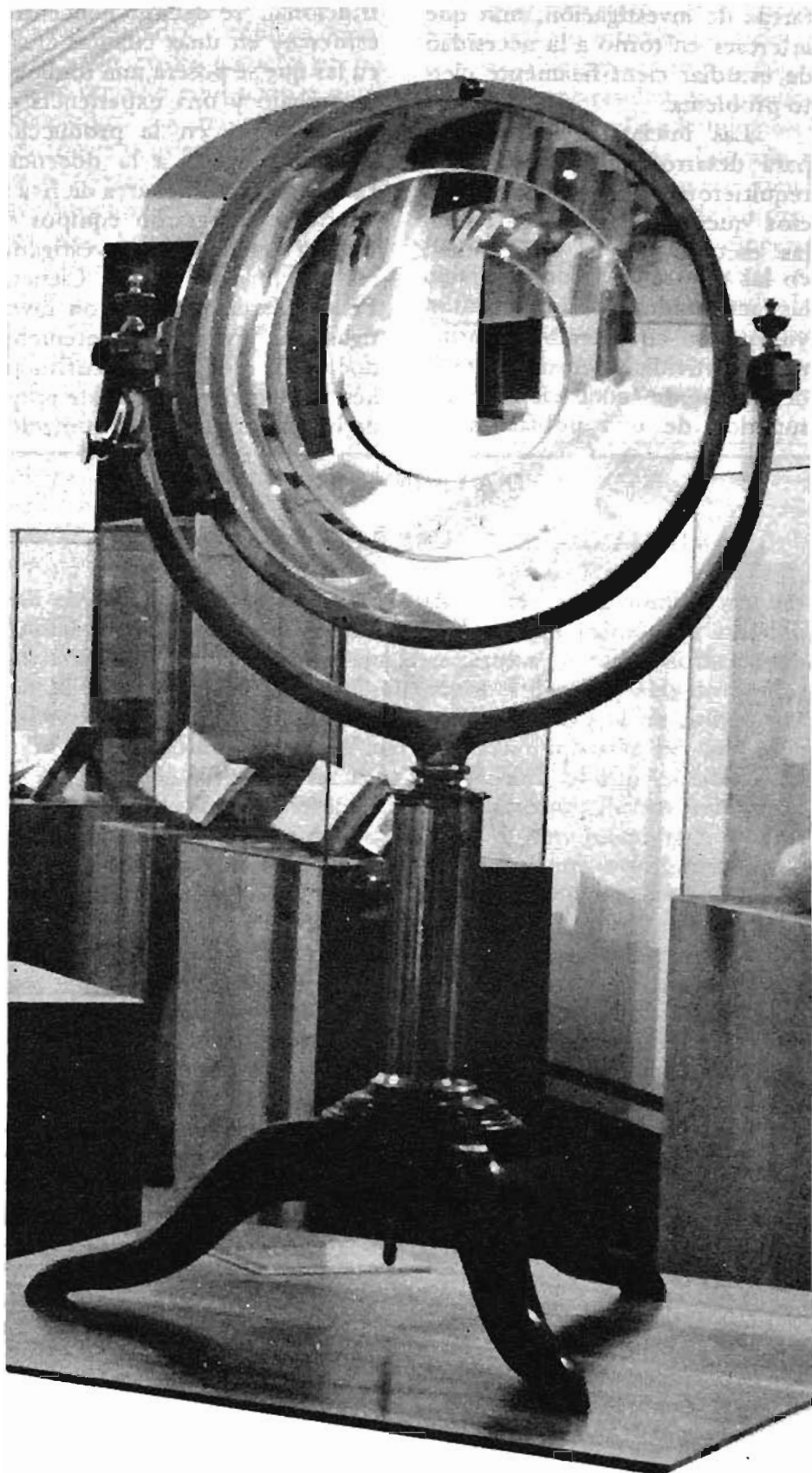
nuestras vidas diarias. Uno puede entonces pensar que la superconductividad va a acrecentar ese poder: es un conocimiento que puede permitir un mayor dominio de las leyes naturales —sobre todo de una manera masiva— y que va a permitir una comunicación y un manejo de la información extraordinariamente rápida... Vamos a decir para control, por ejemplo: las computadoras permiten un control sobre la gente tremendo, porque permite el manejo de cantidades masivas de información... Nadie está consciente de hasta qué punto la humanidad está controlada por la existencia de estas maquinillas tan interesantes y tan útiles. También la superconductividad va a permitir cosas de ese tipo.

Sin embargo, un destino al cual el hombre no puede escapar, es avanzar cada vez más profundamente en el conocimiento de la naturaleza. Desgraciadamente el conocimiento técnico y científico ha adelantado de una manera gigantesca en este siglo, como antes jamás lo había hecho —el conocimiento científico y tecnológico adquirido por el hombre digamos, hasta el año cincuenta, puede ser un dominio que pudiera parame- trizarse a diez veces más para lo que el hombre domina a la naturaleza hoy en día—, pero socialmente nuestra comprensión de la naturaleza, el uso de valores morales, la comprensión filosófica de ello se encuentran mucho más atrás; y eso hace que el poder se emplee a veces de manera negativa, por lo menos de una manera que localmente en el tiempo se manifiesta como muy negativa.

Todo esto puede acarrearlo también la superconductividad. Pero si creemos, en general, que la humanidad evoluciona hacia algún progreso, debemos creer que también el conocimiento nos traerá finalmente una vida mejor: finalmente nos enseñará a poner al hombre como valor supremo. Quizá ayude a que eso pase de ser un sueño a algo real.



La investigación en las universidades e institutos superiores



Carlos Welti Chanes *

Durante la última semana del mes de febrero del presente año, la Universidad Autónoma de Puebla participó en el Foro sobre la Investigación en las Universidades e Institutos de Enseñanza Superior que organizó la Universidad Autónoma de Yucatán con el patrocinio de la SEP y el CONACYT. A este Foro fueron invitados rectores de las mismas instituciones, funcionarios directivos de la SEP y del CONACYT y connotados investigadores.

El rector de la UAP, Alfonso Vélez Pliego, presentó el trabajo titulado "La investigación como prioridad en la Universidad Autónoma de Puebla", cuyos planteamientos fueron algunos de los temas centrales de las discusiones. En adelante las ideas medulares del documento mencionado.

* * *

Para la Universidad Autónoma de Puebla, la investigación científica y tecnológica, con una historia relativamente reciente como actividad que abarca al conjunto de la institución, se constituye en prioridad no sólo porque permite aportar soluciones a los problemas de su entorno sino por el impacto académico que tiene sobre la actividad docente, concebida ésta como transmisión de experiencias y reflexión crítica sobre un objeto de estudio. La investigación forma parte también del proceso de formación continua del personal académico.

* Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado, UAP, 4 Sur No. 104, 72000, Puebla, Pue.

Hoy se hace referencia a la necesidad de establecer un modelo de institución al que aspiramos en un plazo corto, debe decirse que para llegar a él, nos hemos propuesto partir de la definición de prioridades generadas en las decisiones académicas que toman los propios investigadores, basados en la experiencia que su propia actividad aporta y en el reconocimiento de sus capacidades para plantear soluciones a los problemas que pueden ser tratados en su área de especialización y no como medidas de tipo administrativo generadas por la autoridad central de la universidad.

En el caso de la UAP, los avances logrados han demostrado la viabilidad de un modelo que busca la excelencia en la actividad académica con la participación democrática en la gestión de la misma. La democratización de la gestión académica, a la que se ha hecho referencia, se concreta a través de la modificación de la estructura administrativa de la institución; esto llevó a la creación de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado y a la constitución del consejo respectivo, como instancia de discusión y toma de decisiones en las áreas de la investigación y el posgrado.

Debe decirse que la constitución del Consejo de Investigación y Estudios de Posgrado es parte de un proceso que apenas se inicia y que requiere de la adecuación de las actuales estructuras de la Universidad a las demandas que esta concepción del quehacer científico genera. Es necesario, por tanto, hacer referencia concreta al trabajo de investigación que los universitarios poblanos realizan.

Como es natural, la investigación en la institución, en una primera etapa, respondió a iniciativas estrictamente individuales. La conformación de grupos de investigación reflejó afinidades personales o conveniencias administrativas que facilitaban las

OPINION

tareas de investigación, más que intereses en torno a la necesidad de estudiar científicamente cierto problema.

Las iniciativas individuales para desarrollar la investigación requirieron de ambientes propicios que no se encontraron en las escuelas de la universidad, en las que se veía con desprecio las actividades del investigador, ya que se consideraba prioritaria la actividad docente ante la demanda de educación media superior de una población en

crecimiento. Esta situación obstaculizó el trabajo de investigación que, pese a una infraestructura mínima y a recursos humanos limitados, produjo resultados importantes.

En la etapa inicial de la investigación, como actividad institucional, se decidió concentrar esfuerzos en unas cuantas áreas: en las que se poseía una tradición de trabajo y una experiencia de primer nivel en la producción científica ligada a la docencia. Este fue el caso del área de física, donde se integraron equipos de trabajo con docentes investigadores de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas y con investigadores jóvenes recientemente doctorados en otras instituciones. La experiencia de este grupo de investigadores en la formación

APOYO A LA INVESTIGACION

DEMANDA DE LA UAP FRENTE A LA CRISIS

En los últimos años hemos visto los efectos del ejercicio de una política económica que se ha basado en la explotación irracional de nuestros recursos naturales, el mantenimiento de una industria sobreprotegida y dirigida principalmente a la producción de bienes suntuarios, en la disminución de tierras cultivables y en la contracción real del gasto público. Podríamos enumerar muchas más prácticas viciadas que lo único que han acarreado es la acentuación de la división social, por un lado, de las clases medias, obreras, campesinas y marginales que día a día se conjuntan en una sola, y por otro en el grupo opulento que también día a día muestra más síntomas de decadencia y sinsentido.

Uno de los principales renglones afectados en el rubro del gasto público es el que se refiere a la educación superior, que ha sufrido una disminución en términos reales en lo que se refiere a las partidas presupuestales. Si consideramos que el desarrollo de una nación requiere en gran parte de una vigorosa industria basada en la investigación científica y tecnológica, la que a su vez necesita de cuadros calificados de investigadores, profesionales y técnicos, cada vez en mayor número, nos damos cuenta que al inhibir el crecimiento de la matrícula estudiantil en universidades y tecnológicos, el Estado está de hecho cancelando nuestras posibilidades de desarrollo.

¿Cómo se refleja este estado de crisis y depresión al interior de nuestra universidad y en general en las instituciones de educación superior?

Basta platicar con los investigadores de la UAP o enterarse de algunos acuerdos tomados en CONACYT, SEP o SPP para darse cuenta de los, muchas veces, penosos esfuerzos que hacen nuestros científicos para no abandonar la investigación o emigrar a otros países.

de recursos humanos ligados a la investigación, sirvió de ejemplo a otros departamentos que se impusieron como tarea la formación de personal al más alto nivel.

Como una respuesta a la necesidad de vincular la investigación con la docencia, han sido creadas unidades y centros de investigación en las escuelas en las que se imparte educación a nivel licenciatura. La unidad de investigación es la primera forma organizativa que asume un grupo de investigación en las escuelas y, una vez probada la viabilidad de su trabajo con resultados concretos, es posible transformarla en un centro de investigación con el apoyo de una estructura académico administrativa adecuada a sus necesidades.

Una nueva modalidad del trabajo de investigación a nivel institucional ha sido la constitución de programas de investigación para el estudio de problemáticas actuales, desde un punto de vista interdisciplinario.

Es conocida la preocupación de un buen número de científicos por generar proyectos de investigación con la participación de especialistas provenientes de diversas áreas del conocimiento científico, otorgándoles una connotación interdisciplinaria al estudio de problemas concretos, con el fin de generar nuevas metodologías que permitan la aprehensión de determinado objeto de estudio en su totalidad o en una de sus manifestaciones más relevantes. Esta visión que se puso de moda en nuestras instituciones hace algunas décadas, no se generalizó en la investigación, debido sobre todo a la falta de elementos humanos que constituyeran grupos de trabajo con las características que la interdisciplinariedad requiere. Otro factor que incidió fue la incapacidad de comunicación entre especialistas de diferentes áreas y la de aceptar el trabajo de investigación como esfuerzo colectivo.

OPINION

Hoy está visto que se puede hacer trabajo interdisciplinario y con ese objetivo se han constituido en la universidad dos programas: el de Estudios Municipales y el Programa de Economía Internacional. El primero tiene como meta el estudio de los problemas municipales con especial énfasis en los que enfrenta el municipio de Puebla: desde la problemática del transporte hasta problemas de contaminación ambiental. El segundo programa se

concentra en el estudio de los problemas derivados del intercambio económico desigual entre los centros hegemónicos y las economías subdesarrolladas y, en especial, del problema de la deuda y su impacto en los diversos niveles de la estructura social del país.

Aunque al interior de cada institución se realice un esfuerzo por definir líneas y proyectos de investigación prioritarios de acuerdo con el reconocimiento de los problemas locales, regionales y nacionales a los cuales se pueden y deben aportar soluciones, el financiamiento de la investigación depende cada vez más de la asignación de recursos extraordinarios.

Los criterios a los que res-

Para comenzar, su formación como investigadores requiere en la mayor parte de los casos de un mínimo de diez años, a la mitad de los cuales reciben, por lo general, una beca de \$150 000.00 (doctorado) que, como es obvio, sirve apenas para sobrevivir a una edad en la que casi siempre existen ya responsabilidades familiares.

Después de esto recibirán por fin un sueldo más decente, que en el caso de la UAP, alcanza la cifra de \$337 000.00 para un doctorado, más si las condiciones lo permiten una compensación por parte del Sistema Nacional de Investigadores. Esto a alguna gente no le parecerá tan grave pero si lo comparamos, por ejemplo, con un salario de alrededor de \$600 000.00 mensuales que gana, digamos, un abogado con algún puesto directivo en CONASUPO, la valoración del asunto usualmente cambia.

Por otro lado, tanto CONACYT como SEP, han reducido el apoyo a proyectos de investigación al mínimo, en ambas instituciones, una abundante masa de burócratas y desperdicio en instalaciones absorbe una buena parte de sus presupuestos. También en ambas sucede, en muchas ocasiones que una vez que un investigador ha recibido notificación de que su proyecto ha sido aprobado por la respectiva comisión dictaminadora, tiene que pasar varios meses para que le sea entregada la cantidad pactada y esto, por supuesto, significa que el costo que inicialmente había calculado para compra de equipo o sustancias, que muchas veces es importado, ha aumentado en un 50%, 100% o aún más.

Otra reducción grave la encontramos en el recorte de las becas para posgrado, que está ocasionando abundantes deserciones de estudiantes en maestría y doctorado y una matrícula reducida.

Es necesario señalar, sobre todo con el fin de no arrojar críticas injustas y no equivocar la localización de los culpables de esta situación, que no son los funcionarios de CONACYT o las comisiones dictaminadoras las que deciden la reducción al presupuesto, a ellas les llega el aviso de Programación y Presupuesto y no les queda otra, en el actual contexto, que aceptarlo.

ponde esta asignación externa de recursos económicos no se hacen explícitos la mayoría de las ocasiones, lo que provoca un desaliento entre los propios investigadores generadores de las propuestas de investigación que buscan ser financiados por las instituciones que otorgan estos apoyos.

La decisión institucional ha sido la de financiar con recursos propios los proyectos de investigación que no obtienen apoyo externo, si éstos son considerados como prioritarios en la definición de los planes de desarrollo que se empiezan a generar al interior de las dependencias universitarias. Esto, aunque representa sacrificar recursos del presupuesto ordinario que puede dedicarse a otros programas, implica el reconocimiento de la actividad de investigación como prioridad institucional. Con este objetivo se asigna a la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado una partida presupuestal que permite apoyar la investigación que se inicia en las escuelas y, fundamentalmente, a financiar las investigaciones que tienen impacto directo sobre la docencia.

Un problema que enfrentamos, al igual que otras instituciones de educación superior del país, es la baja productividad de algunos investigadores; sin que esto signifique que compartamos un criterio eficientista que busca el logro de resultados de la investigación como un fin en sí mismo y desligado de sus condicionantes y efectos sociales.

La productividad científica está relacionada con el estado actual de los elementos con los que se realiza el trabajo de investigación: la infraestructura con que se cuenta, las condiciones y estímulos que tiene el investigador para realizar su trabajo, los espacios que define la vida académica y, los meca-

OPINION

nismos de evaluación del trabajo del investigador -inexistentes estos últimos- en la situación real de una institución en la cual la investigación está en proceso de desarrollo.

No es posible aceptar que el objetivo de la investigación en las instituciones de educación superior lo constituya únicamente el producto terminado, ya sea éste la innovación tecnológica en forma de prototipo, equipo, instrumental, o la publicación de los resultados en cualquiera de sus formas: ponencia, artícu-

lo o libro. No obstante, los criterios de evaluación del trabajo del investigador en las universidades e institutos privilegian estos elementos en las evaluaciones tanto para la contratación y promoción como para el otorgamiento de financiamientos a proyectos de investigación e incluso para lograr los apoyos de algunas becas de formación de investigadores.

Es desde luego mucho más sencillo evaluar el producto terminado, pero existen otras actividades ligadas a la obtención de éste que resultan de importancia fundamental en el mediano y largo plazo y son tomadas como elementos secundarios en la evaluación del trabajo científico. Es el caso concreto de la organización de grupos de investigación, a los cuales un buen

Todo lo anterior en conjunción con muchas otras cosas, motivó al Consejo Académico del *ICUAP* y al Consejo de Investigación y Estudios de Posgrado de la *UAP*, a proponer en la *XXII* Reunión Ordinaria de la Asamblea General de la *ANUIES* una iniciativa que se ha vuelto una demanda generalizada de varios sectores y que muestra una dimensión de trascendental importancia: establecer a nivel constitucional la obligación del Estado de otorgar financiamiento a la educación superior considerando específicamente a la investigación que realizan estas universidades e instituciones de enseñanza superior, por un monto global que quede expresado en porcentaje del Producto Interno Bruto (*PIB*) no inferior al 3 %.

De acuerdo a esta propuesta, que fue presentada en la *XXII* Reunión Ordinaria de la *ANUIES*, realizada en Colima, por el rector de la *UAP*, Lic. Alfonso Vélez Pliego y el Secretario de Investigación Dr. Carlos Welti, actualmente el monto de los recursos financieros que el Estado dedica exclusivamente al desarrollo de la ciencia y la tecnología rebasan apenas el 0.5 % del *PIB* lo que, comparado con los porcentajes de otros países como el caso de Francia que dedica el 1.8 % del *PIB*, EU el 2.4 % o la URSS el 4.6 %, implica y delata el abandono de nuestro desarrollo.

Apuntamos otro dato revelador que confirma nuestro señalamiento: según estimaciones de la *ANUIES*, el gasto público destinado a la educación superior se ha venido reduciendo año con año, por ejemplo: entre 1982 y 1984 como porcentaje del *PIB* éste se reduce del 0.8 % al 0.5 %.

Planteadas estas propuestas, es fundamental que sea asumida como una demanda en lo personal de los investigadores, de las universidades, tecnológicos, centros de investigación, sociedades científicas nacionales y fracciones parlamentarias de partidos de oposición, para que mediante la acción concertada de diferentes entes sociales pueda ser una realidad.

Jesús Mendoza Alvarez

número de investigadores dedican el mayor de sus esfuerzos durante las etapas iniciales del trabajo investigativo.

Considerar la publicación de resultados como el fin último de la investigación puede llevar a la deformación total de la actividad científica. Un ejemplo dramático de esta situación lo constituyó un primer momento del Sistema Nacional de Investigadores, que ha hecho que los investigadores busquen a toda costa

la publicación de cualquier material relacionado con su investigación con el objeto de aparecer en las evaluaciones como elementos productivos. El caso extremo lo presentan investigadores que simplemente para cumplir con el compromiso de publicar resultados de sus investigaciones -ya sea para la evaluación de su trabajo al interior de la institución en la que prestan sus servicios o para cumplir con evaluaciones externas- han cambiado de líneas

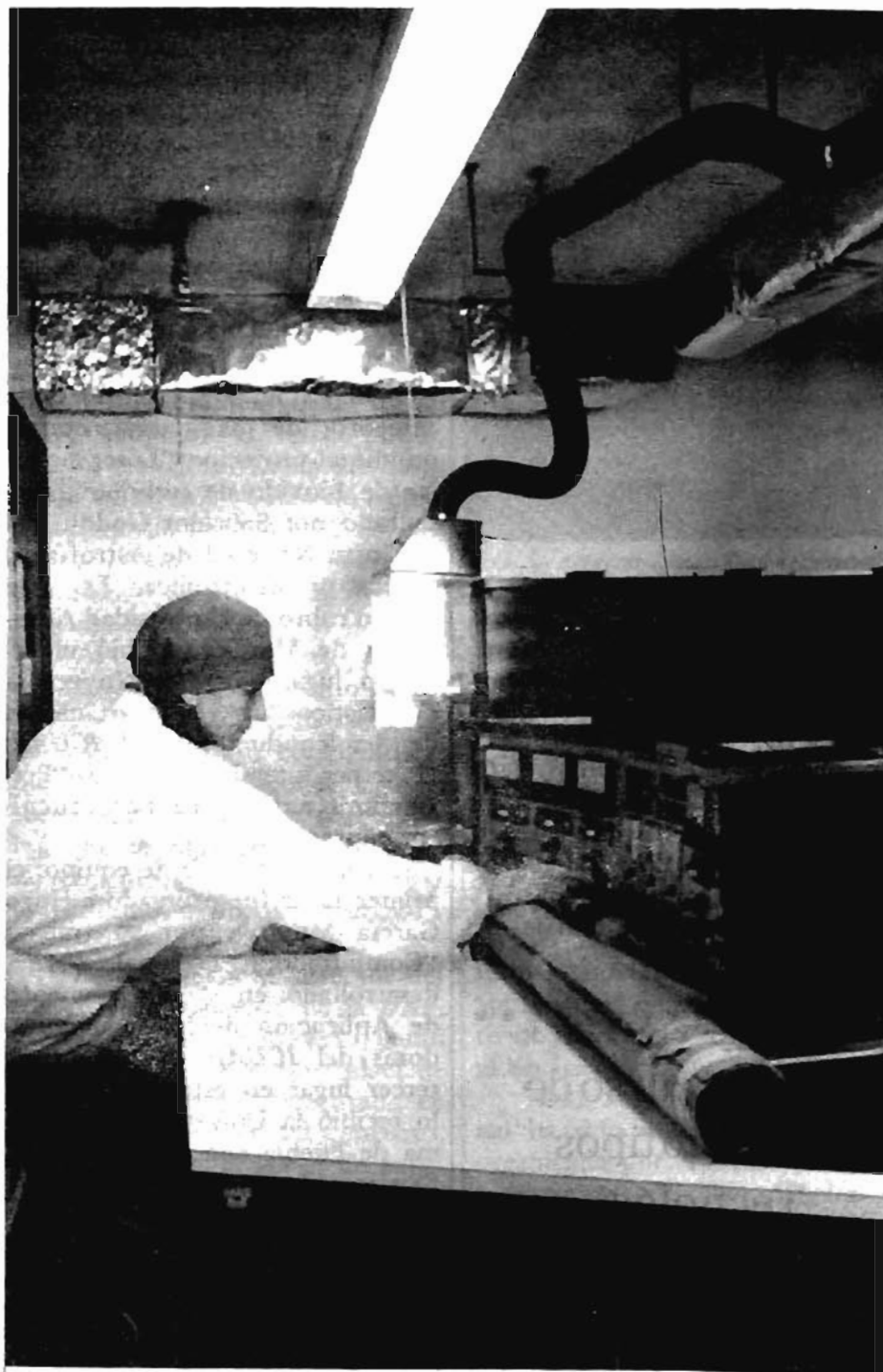
de trabajo hacia otras con mayores probabilidades de publicación, aunque puedan ser irrelevantes en el contexto nacional.

En cuanto al establecimiento, en la práctica, de la relación entre docencia e investigación, en la UAP no se concibe como un problema que pueda resolverse mediante mecanismos formales que garanticen que el investigador dedique parte de su carga académica a las tareas docentes. No es a través de reglamentaciones como puede lograrse esta relación. La experiencia al respecto muestra que es una manera inadecuada de abordar esta problemática.

La relación entre la investigación y la docencia se establece cuando se concibe como una forma de trabajo inherente a un modelo de organización de la actividad académica, en el cual la investigación tiene como uno de sus objetivos la formación de sus propios recursos humanos.

La creación de unidades de investigación y docencia ha sido una respuesta natural de los grupos de investigación más avanzados en la universidad. Al ofrecer estudios de posgrado generan una dinámica de exigencia permanente sobre los propios investigadores: los resultados de sus investigaciones son discutidos por una masa crítica formada por otros docentes del programa y por los elementos en formación en el posgrado. Esto representa un insumo, aunque a veces no se perciba como tal, para la propia investigación.

En los últimos años no se ha establecido en la institución un programa de posgrado que no se sustente en un programa de investigación que haya mostrado resultados y que, a su vez, éstos hayan sido discutidos y evaluados por la comunidad científica del área correspondiente. Cuando no ha sido éste el camino para el establecimiento de un posgrado ha mostrado debilidad poniendo en peligro su existencia.



NOTICIAS Y NOVEDADES

Abdus Salam en México

El doctor Abdus Salam Director del Centro Internacional de Física Teórica de Trieste en Italia, estuvo en una breve estancia en nuestro país los días 23 y 24 de marzo. El doctor Salam, que fue galardonado con el premio Nobel 1983 por sus contribuciones a la física de partículas, fue invitado a México por la Academia de la Investigación Científica a iniciativa del departamento de física del ICUAP.

Cabe comentar que el mencionado departamento de investigación tiene un convenio de cooperación con el Centro Internacional de Física Teórica que ha permitido la estancia de varios de nuestros investigadores en el mismo, como es el caso de los doctores Rafael Baquero, Hugo Navarro, Germán Luna, José Luis Carrillo, Jesús Reyes y Raúl Brito. Por otro lado, la revista *Elementos* publicó en el número 9 un artículo del doctor Salam titulado "La dimensión humana del proceso de desarrollo"; en él se analizan los problemas de la investigación básica vinculada a la tecnológica en los países del llamado tercer mundo.

Durante su estadía el doctor Salam visitó la Facultad de Ciencias de la UNAM, la sede de la Academia de la Investigación Cien-



Profesor Abdus Salam
(Revista IC y T No. 128).

tífica y el Instituto de Física de la Universidad de San Luis Potosí, lugares en los que se enteró de las perspectivas del desarrollo de la ciencia en México, de la próxima creación de un Instituto de Investigación Tecnológica y de los programas de investigación en física del departamento de física del ICUAP y del IFUSLP.

II Concurso de Prototipos Tecnológicos

El Segundo Concurso Nacional de Prototipos Didácticos y de Investigación, Autoequipamiento 1986,

organizado conjuntamente por la Secretaría de Educación Pública y la Universidad Autónoma de Puebla, se llevó a cabo del 27 al 30 de enero del presente año, con sede en la UAP.

Al concurso se presentaron trabajos de instituciones educativas y de investigación de los estados de Hidalgo, Guerrero, Morelos, Tlaxcala, Estado de México, Veracruz y Puebla que, en conjunto, reunieron 45 prototipos.

El primer lugar dentro de la categoría de maquinaria, correspondió al prototipo "Láser modular de bióxido de carbono", presentado por Salvador Godoy, del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. En este mismo rubro, la Universidad Autónoma de Morelos recibió el segundo lugar con una "Inyectora de plásticos", y el Departamento de Semiconductores del ICUAP, el tercer premio con una "Perforadora automática para circuitos impresos".

En la categoría de equipo, el primer lugar fue otorgado a Hugo García Monroy, por su trabajo "Computadora Personal UAP", desarrollado en el Departamento de Aplicación de Microcomputadoras del ICUAP. El segundo y tercer lugar en esta misma rama lo recibió la Universidad Autónoma de Puebla con los prototipos: "Sistema de desarrollo UAP-Z-80", "Microenseñador de lenguaje ensamblador", "Microsistema de propósito general" y "Programador semiuniversal de memorias UVPRON".

En la categoría de instrumentación el primer sitio lo obtuvo Gelasio Aguilar Armente del Departamento de Química del *ICUAP*, con "Sistema de vacío para el estudio de propiedades estructurales de cuerpos sólidos por el método volumétrico". Los prototipos presentados por el *INAOE*: "Ocular 10X del tipo Huygens para microscopio" y "Planos ópticos de referencia" recibieron el segundo lugar, y miembros de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas de la *UAP*, ocuparon el tercer puesto con los trabajos: "Celda de punto triple del agua", "Celda de voltaje de referencia Weston", "Potenciómetro", "Termopila" y "Medidor electrónico de intensidad de campo magnético".

Al clausurar el evento, el doctor Carlos Welti, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la *UAP*, dijo que era "lamentable premiar a trabajadores de la tecnología con montos menores a los que se otorgan en otro tipo de concursos y con ello limitar el estímulo a pocos investigadores".

Por su parte el director del Instituto de Ciencias de la *UAP*, doctor Jesús Pérez Romero, llamó la atención sobre el alto nivel de calidad del equipo presentado en esta segunda etapa del concurso, sobre todo por el grado de sofisticación con que fueron elaborados.

María Torres Ponce

Cursos de actualización y Posgrado

Investigadores de diferentes instituciones del país se reunieron el pasado viernes 6 de marzo en las instalaciones del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de Tonantzintla para abordar la preparación de la Segunda Escuela Nacional Propedéutica y de Actualización. Esta Escuela incluirá cursos de tópicos de física tales como termodinámica, electromagnetismo, mecánica clásica y métodos matemáticos con el fin de actualizar los conocimientos de los profesores y así, como cursos propedéuticos para los interesados en cursar la maestría en física en cualesquiera de las modalidades existentes en el país. A todos aquellos estudiantes que aprueben el curso el departamento de física del *ICUAP* les ofrecerá becas.

Esta segunda Escuela Nacional ha sido ideada, promovida y organizada por el mencionado departamento de investigación y contará además con la participación del *CINVESTAV*, *INAOE*, Universidad de Sonora, Universidad de Guanajuato, Universidad de San Luis Potosí, *UAM-Iztapalapa*. La

Escuela se desarrollará en la ciudad de Puebla del 22 de junio al 21 de agosto pretendiendo, entre otras cosas, unificar criterios de ingreso al posgrado así como planificar la creación de recursos humanos calificados.

La generación de oxígeno por los vegetales

El profesor de química en la Universidad de Yale (New Haven), Gary Brudvig, descubrió el mecanismo molecular por el cual las plantas generan oxígeno gaseoso. Brudvig usó espectroscopía de resonancia paramagnética electrónica para estudiar una enzima que contiene manganeso, aislada de la espinaca y que es crucial para la fotosíntesis. Encontró que el sitio activo de la enzima contiene cuatro átomos de manganeso y cuatro de oxígeno en un arreglo cúbico alternando en sus vértices al manganeso y al oxígeno. El complejo de manganeso se oxida dos veces por la energía luminosa, adicionando dos átomos de oxígeno y transformando su estructura a una de tipo "adamantano" formada por tres hexágonos interconectados también con alternación de los átomos de oxígeno y

NOTICIAS

manganeso. Sin embargo, tal estructura es inestable y al regresar a la estructura cúbica libera 2 átomos de oxígeno enlazados en forma de oxígeno molecular. Brudvig trabaja ahora en la síntesis del complejo de manganeso tratando de desarrollar un proceso efectivo para descomponer agua en oxígeno e hidrógeno

Chemical Week, diciembre de 1986.

Salmonella en las ensaladas de pasta expedidas comercialmente *

Los químicos Eduardo Fernández Escartín y Josefina Saldaña Lozano, de la U. de G., realizaron un estudio sobre el destino de *salmonella* y flora asociada en una ensalada de pasta de semolina cocida que se adiciona de jamón cocido, crema láctea y mayonesa. El estudio se aplicó en el alimento (pH 5.5) adquirido de una tienda que lo ofrece a la venta del público, y en lotes preparados en el laboratorio con jamón y crema precalentados a 90°, durante 10 minutos, a fin de evaluar el comportamiento del microorganismo en ausencia de la flora competitiva. La *salmonella* se inoculó en el jamón retirándolo del resto, y a continuación reincorporándolo.

Conservando el alimento a temperatura ambiente (como ocurre en el comercio), la *salmonella* entra en multiplicación lenta pero ininterrumpida por lo menos durante las 24 horas de estudio en el caso de los lotes preparados en el laboratorio. En el producto del comercio, con elevada carga microbiana (bacterias lácticas, levaduras, coliformes y bacterias mesófilas aerobias), hay una disminución progresiva en el número de *salmonella*, que se asocia con una caída en el pH e incremento de bacterias lácticas. El efecto antagónico no lleva a una extinción del patógeno, aun en los casos en los que se utilizó jamón con un bajo contenido de *salmonella* (820/g.). Se subraya la necesidad de hacer uso de ingredientes libres de gérmenes patógenos, preparar la ensalada en condiciones higiénicas, protegerlo de la contaminación por fauna, empleados y público, y conservarlo permanentemente a temperatura inferior a 80°C.

* *Tiempos de Ciencia*, num. 1, octubre-diciembre de 1985, Universidad de Guadalajara.

TIEMPOS DE CIENCIA

5

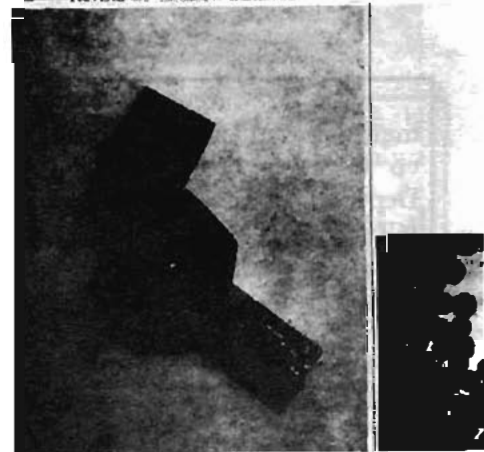
Revista de difusión científica

Sumario

0 Artículos

- 1 LUCAS SANCHEZ JUAN, De Hobbies a Hacer: entre centros del Estado Indefectos.
- 8 FERNANDEZ, M. A., et al. Síndrome de la neuroleptomía de Adquirida.
- 14 COLLADO MARIN, Manuel. Posibilidades de transformación de la producción agropecuaria en Jalisco.
- 31 GARCÍA ESTRADA, Joaquín et al. Efectos de la exposición materna al éter y cloroformo al final de la gestación sobre el desarrollo corporal y de la corteza cerebral de ratas recién nacidas.
- 36 DELGADO ESPINOZA, O. F. Efecto de la exposición de agentes disipantes a partir de ligandos Kraft/oxidados.
- 42 TRUJILLO VILLALBA, FRANCISCO, GUERRERO MARTÍNEZ, M. A., GUTIÉRREZ ELIZABETH LOPEZ, HERRERA DEL ESTADO DE JALISCO. VI Los myxomatosis roedores.
- 52 GONZÁLEZ ROMERO, VICENTE. La demonia, realidad humana.

ISSN 0190-8720



Universidad de Guadalajara

Efectos de la exposición materna al éter y cloroformo al final de la gestación sobre el desarrollo corporal y de la corteza cerebral de ratas recién nacidas

En un experimento realizado por los doctores Joaquín García Estrada, M. Vázquez Martínez y Pedro Garzón de la Mora, expusieron ratas de laboratorio a diversos anestésicos con el fin de prever sus posibles repercusiones.

El mecanismo de acción reconocido para los hidrocarburos anestésicos depende de su estructura química, en la cual los sustituyentes halogenados las inducen a un comportamiento bipolar.

Se expusieron ratas a inhalación de éter y cloroformo en el

último tercio de la gestación para estudiar los efectos sobre el desarrollo corporal y la corteza cerebral de fetos. Después del nacimiento se determinó la longitud cráneo-caudal, perímetro cefálico y peso corporal de la progenie. Los seis animales-control y experimentales seleccionados a las 24, 48 y 72 horas de vida, se perfundieron por vía intracardiaca con solución de glutaraldehído-formaldehído. El estudio histológico de las diferentes regiones de corteza cerebral mostró una disminución en los 3 parámetros morfométricos estudiados en los animales del grupo expuesto a cloroformo ($p < 0.001$). El éter solamente produjo alteraciones en el peso corporal y perímetro cefálico ($p < 0.001$), los resultados se mantuvieron constantes durante el periodo seleccionado.

No se observaron alteraciones estructurales en el estudio histológico de los animales experimentales. Los mecanismos que afectaron el retardo en el crecimiento intrauterino producido por los anestésicos, se explica en *Tiempos de ciencia*, núm. 5, Octubre-Diciembre de 1986, que publica la Universidad de Guadalajara.

SOMEDICIT

“La divulgación del conocimiento científico y técnico constituye otra forma de enseñanza de las ciencias y de orientación vocacional a los estudiantes; permite entender, analizar y prever el efecto de la ciencia y la técnica sobre la sociedad, así como establecer los vínculos entre el científico, el maestro, el técnico y el industrial”, se afirma en el manifiesto que dio origen a la Sociedad Mexicana de Divulgadores de la Ciencia A.C.

Desde esta perspectiva SOMEDICIT realizará el próximo 10 de abril su Primer Congreso, con el fin de delinear una política que oriente los diferentes esfuerzos que se hacen para difundir el conocimiento científico y tecnológico. Las acciones de la Sociedad tendrán como punto de partida la convicción de sus miembros sobre la necesidad de difundir el conocimiento científico y técni-

co con calidad, amplitud y responsabilidad, así como hacerlo accesible a toda la población.

El primer equipo de dirección de la SOMEDICIT está integrado por el doctor Jorge Flores, el profesor Horacio García, la física Alejandra Jaidar y por el ingeniero José de la Herrán, todos ellos de larga experiencia en la actividad científica y como divulgadores. Uno de los primeros proyectos que la Asociación tiene en puerta, es el “Túnel de la ciencia”, que se realizará en las diferentes estaciones del metro en la Ciudad de México.

Escuela de Biología para la UAP

Para dar respuesta a un serio vacío en el área de las ciencias naturales, las autoridades universitarias han anunciado la creación de la Escuela de Biología para los inicios del segundo semestre de 1987.

De acuerdo al proyecto de creación de la carrera de biólogo, que será presentado para su discusión y aprobación al Consejo Universitario, dicha escuela tendrá la responsabilidad de formar cuadros de profesionales en biología capacitados en el conocimiento y la explotación de nuestros recursos naturales, además de dotarlos de las herramientas suficientes para



desarrollarse en la actividad docente, así como en la investigación.

El proyecto coordinado por Ismael Ledesma Mateos, Maestro en Ciencias en el área biológica, contempla un plan de estudios que a diferencia de los existentes en la mayoría de las escuelas que imparten la carrera de biólogo supera la vieja idea de la biología como una disciplina eminentemente descriptiva, fundamentada en lo taxonómico y que enfatiza los aspectos funcionales y filogenéticos. Por este motivo se diseñó un tronco común de cinco semestres en el que el estudiante adquirirá una formación biológica integral para, a continuación, optar por alguna de las dos grandes áreas: *biología experimental* ligada a aspectos moleculares, celulares, fisiológicos y genéticos, y *biología de los grupos*, ligada al conocimiento de los recursos naturales renovables, es decir, a los grupos de plantas y animales y su relación con el ambiente.

Esta iniciativa forma parte de la política educativa que considera a la investigación científica y tecnológica como una prioridad, y prevé la formación de personal docente con posgrado que permita ofrecer una enseñanza sólida y actualizada.

El mencionado proyecto ha sido analizado por destacados científicos como el doctor Edmundo Calva, especialista en bioquímica del CINVESTAV, el doctor Walid Kuri, especialista en biología celular, el doctor Oscar Ramírez, especialista en biología del

desarrollo, todos del CINVESTAV-IPN; así como el doctor Mauricio Russel, de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas y la maestra Kathlyn Babb, especialista en zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Para dar una idea de la importancia que algunas áreas de la biología han adquirido hoy en día, baste señalar que la ingeniería genética obtuvo una considerable partida presupuestal por parte del gobierno estadounidense en el año de 1986, y en el último Congreso del Partido Comunista de la Unión Soviética se marcó como una de sus prioridades la investigación en el área de la ingeniería genética.

No de menor importancia es el papel que juega la biología en la solución de problemas ecológicos producto de la depredación de nuestro entorno natural que pone en peligro de extinción a numerosas especies animales y vegetales, y amenaza al hombre mismo.

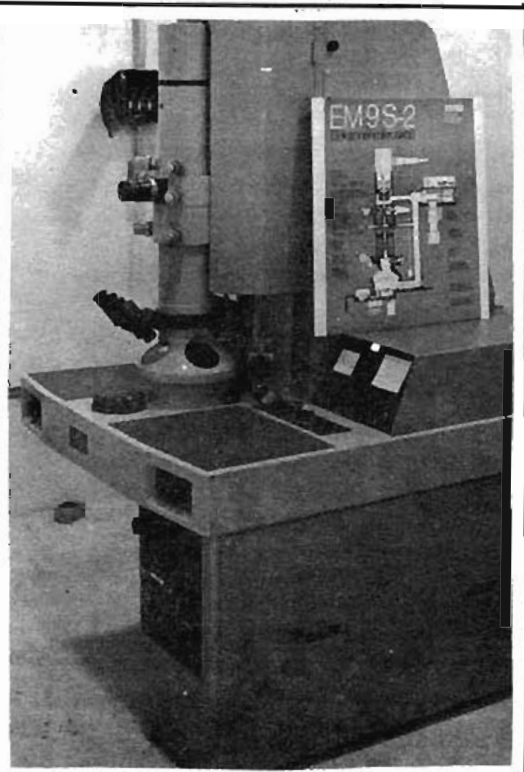
Estos factores, entre muchos otros, de incidencia de la biología en la conservación y en el desarrollo de la sociedad humana justifican la creación de la Escuela de Biología. El mejor aprovechamiento de los recursos bióticos del estado que seguramente redundará en la mejora de las condiciones de vida de diversas comunidades apremian a su fundación.

Por último, las páginas de la revista *Elementos* quedan abiertas para debatir los perfiles de la carrera que necesita nuestra comunidad.

Departamento de Ciencias Fisiológicas

En el año de 1984, el grupo de trabajo dedicado a la investigación en los campos de la fisiología y la farmacología decide separarse del Departamento de Investigaciones Biomédicas del ICUAP para dar origen al Departamento de Ciencias Fisiológicas (DCF). El plan de este nuevo departamento delimita su campo de trabajo a la neurofisiología y a la fisiología cardiovascular. Hasta agosto de 1985 el DCF trabaja en algunos locales del antiguo Hospital Civil de Puebla, donde ocupa una área de 200 metros aproximadamente. En septiembre del mismo año, inicia su traslado al edificio que antes ocupara una preparatoria. Remodelado para cumplir adecuadamente sus nuevas funciones, el departamento obtiene un espacio de 800 metros en dos plantas. Los proyectos centrales de investigación son: "Bases neurofisiológicas y neurobioquímicas de algunos patrones conductuales", "Mecanismos sinápticos de los receptores vestibulares", "Fisiología del miocardio y modelaje de actividad neuronal-unitaria". En el último año se ha puesto el acento en el desarrollo de una sección de microscopía-histología y en una sección de bioquímica.

El departamento da origen en 1984 a la Maestría en Ciencias Fisiológicas que inicia sus acti-



La Biofísica fundamental en el estudio celular: Peachey y Serrato

Mario Guzmán

El campo de la investigación en músculos, al igual que otros campos de la investigación biomédica, se encuentra ligado al desarrollo tecnológico. Los músculos producen fuerzas mecánicas y también producen señales eléctricas. Con el fin de estudiar estos aspectos es muy importante tener la capacidad de medir con precisión y exactitud el tiempo de respuesta de dichas manifestaciones. Para llevar a cabo este trabajo se ha buscado apoyo en disciplinas como las matemáticas, la ingeniería y la física, y se ha echado mano de sofisticados microscopios e instrumentos de medición que permiten estudiar las células de los músculos. Aunque, no pocas veces, la necesidad lleva a construir equipos propios, además de adquirir otros en fuentes industriales. Estos recursos permiten conocer a la célula misma y observarla en condiciones que, a la vez de hacer mediciones precisas, permiten relacionar el objeto de estudio con el animal vivo.

Sobre su trabajo realizado en esta rama de la investigación científica, hablan los doctores Lee D. Peachey, del Departamento de

Biología de la Universidad de Pennsylvania, y Humberto Gonzáles Serrato, del Departamento de Biofísica de la Universidad de Maryland; en una entrevista concedida a *Elementos* durante su estancia en el Departamento de Fisiología del ICUAP, donde impartieron el curso, a estudiantes de posgrado.

De acuerdo a la explicación de los doctores Peachey y Serrato, este campo de trabajo recibe el nombre de biofísica, el cual implica una interfase entre la biología y la física a la que se aplican biólogos y médicos interesados en establecer enlaces entre mediciones técnicas, desarrollo técnico e ingeniería y las células musculares vivas. Como tarea de investigación, la biofísica es una de las más antiguas, pues su interés se desprende de la atención que merece la masa muscular del cuerpo, ya que ésta comprende el porcentaje más alto de las células que conforman al ser humano. De hecho, el 80 por ciento de la masa de células es músculo. Además, la biofísica siempre ha dado lugar a nuevas interrogantes y ha servido de frontera para entender cómo se llevan a cabo los movimientos de otras muchas células y de otros muchos sistemas en los cuales los controles son semejantes.

¿Cuál es el punto de interés que han adoptado para sus investigaciones en biofísica?

“En mi caso —dice el doctor Serrato—, el trabajo de investigación que hago es en el área del

vidas formales en febrero de 1985 con un grupo de nueve alumnos. Para apoyar sus trabajos de investigación, el departamento cuenta con equipo suficiente para el montaje de cuatro conjuntos electrofisiológicos que permiten registro a nivel celular, con instrumentos ópticos adecuados para implementar técnicas histológicas, incluyendo el nivel ultraestructural, y equipo de computación, laboratorio de fotografía, equipo para estudio de conducta animal e instrumentos de medición básicos. Además de un pequeño bioterio con capacidad para 600 ratas, que satisface plenamente los requerimientos de las investigaciones en conducta animal.

Las instalaciones que ocupa actualmente el Departamento de Ciencias Fisiológicas fueron inauguradas formalmente el 7 de noviembre de 1986.

músculo esquelético. Fundamentalmente me oriento a entender cómo se acopla la excitación del músculo con la contracción y qué mecanismos los unen a la excitación eléctrica del músculo con la contracción mecánica. Asimismo, cómo se controlan los iones de magnesio entre los músculos y qué determina que un músculo se fatigue y deje de contraerse y; finalmente, cuáles son los mecanismos funcionales que impiden la activación continua del músculo y hacen que se detenga al contraer.

El doctor Peachey habla de su interés primordial por la investigación básica. "Pienso —afirma— que es la clase de trabajo para el cual me siento mejor preparado." Pero, para él, la importancia de su investigación radica en la posibilidad de aplicarla al entendimiento de cómo trabajan los músculos, incluidos los humanos, y la comprensión de lo que funciona mal, esto es, cuando se presenta alguna clase de enfermedad muscular. "En mi trabajo —apunta— estoy interesado en el mecanismo de contracción de los músculos también, aunque atiendo especialmente el cómo las células musculares son controladas, así como la correlación entre la estructura de la célula muscular y la fisiología de la misma. El estudio de la fisiología de las células musculares significa la comprensión de su mecánica de contracción y el comportamiento eléctrico de sus partes. Así que mi trabajo involucra mucho la microscopía "usual" y la microscopía electrónica."

¿Podrían abundar un poco más sobre las posibles aplicaciones de su trabajo?

"Podríamos referirnos a la aplicación práctica en la medicina —apunta Serrato—: en general se puede pensar que entre más se sabe cómo funciona un sistema de células o una célula mejor se entiende cómo disfunciona. Aunque existen aplicaciones de este tipo de investigaciones en aspectos como, por ejemplo, la fatiga, nosotros no entramos en este campo. La fisiología aplicada la hacen los médicos, nosotros estamos interesados en buscar respuestas a las preguntas que le planteamos a la naturaleza".

Para Peachey quizás algunos de sus estudios eventualmente podrían permitir el descubrimiento de métodos de tratamiento en las enfermedades musculares y mejorar la situación de personas con estos padecimientos. "Pero mi papel —agrega— es estudiar los mecanismos básicos lo mejor que pueda."

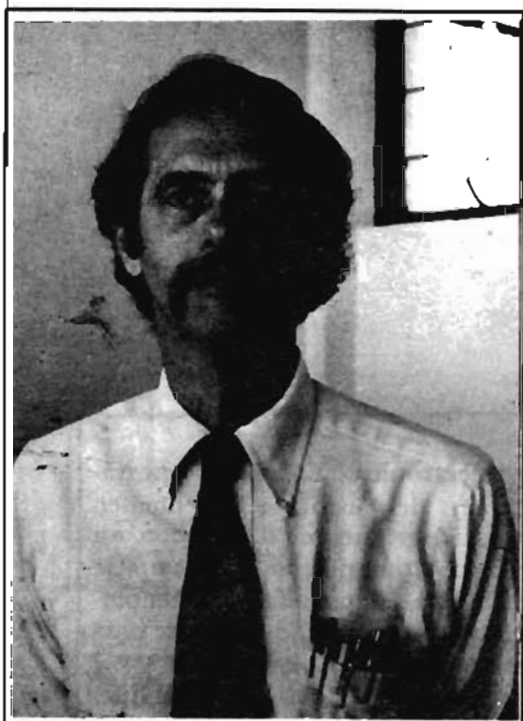
En el ámbito actual de la investigación, el desarrollo de la física y las matemáticas ha venido a nutrir disciplinas como la biología. Es decir, áreas del conocimiento que en otra época hubieran podido considerarse como distintas sirven ahora de apoyo al estudio de los seres vivos. ¿Qué es lo que ha sucedido?

"Voy a responder —interviene Peachey—, desde un punto de vista muy personal. Mi preparación como universitario fue en ingeniería física, no tuve ninguna



preparación en biología, sino en matemáticas, física, química e ingeniería. Al finalizar la universidad e iniciar estudios de graduado y posgraduado encontré, quizás lentamente, que los problemas en la investigación y estudio de las ciencias biológicas era más interesante para mí. Me atraía más conocer cómo trabajaban las células musculares, que entender el ordenamiento de los átomos. De aquí mi orientación hacia la biofísica, que me permite aplicar en la investigación las bases que tengo en matemáticas y en física."

Para el doctor Peachey es sorprendente la posibilidad de elaborar mediciones precisas y estudios cuantitativos desde el punto de vista matemático, que llevan a resultados óptimos durante la experimentación. Esta característica cobra mucha importancia si se aplica a sistemas biológicos, como en el caso de los animales, que implican una mayor dificultad para su estudio que los sistemas físicos.



Los doctores Lee Peachy y Serrato durante la entrevista que concedieron a *Elementos* el día de la inauguración de las nuevas instalaciones del departamento de ciencias Fisiológicas del ICUAP, en ciudad universitaria.

NOTICIAS

"Por ejemplo —nos dice—, usted no puede estudiar un músculo adecuadamente si lo separa de sus componentes. Es mucho más difícil que separar las partes de una máquina, pues si se separan las partes de la máquina, éstas no mueren, permanecen intactas, se pueden unir de nuevo, separarlas una vez más y reunir las sin que la máquina muera. Esto es una cosa casi imposible en biología, porque cuando tomamos partes de un animal o de una célula, éstas sufren cambios que impiden volver a unirlos correctamente."

"Mi caso fue exactamente al revés —interviene Serrato—, yo me inicié como estudiante de medicina y, durante este periodo, sentí una atracción muy especial por saber cómo funcionaban las células. Para mí lo sorprendente era que las respuestas a mis preguntas sobre el funcionamiento de 'algo', siempre se limitaban a descripciones en palabras o —en cierta forma— poéticas. En fin, descripciones que no permitían medir o entender con

medidas qué era lo que estaba sucediendo. Cuando comencé a hacer investigación en la escuela de medicina, el hecho de que me describieran siempre con palabras el funcionamiento o manera de proceder de una célula, representaba para mí una gran frustración. Por eso, cuando decidí estudiar fisiología, pensé que lo adecuado sería describir 'las cosas' con ecuaciones que permitieran predecir lo que iba a suceder. Pero no fue fácil, dos años después de mi entrenamiento en fisiología decidí trasladarme a estudiar a las escuelas de ingeniería y de física. Sólo de esta manera pude llegar a usar medidas precisas que permitieran 'leer', poder medir o entender, el comportamiento de una célula con la posibilidad, a la vez, de predecir lo que podría suceder."

Los doctores Peachey y Serrato piensan que nadie que se encuentre trabajando actualmente en el campo de la biología, pondría en duda que el avance de la investigación a futuro requerirá de mayores aportaciones de la física y de las matemáticas. "En las universidades europeas y americanas —afirman— el entrenamiento en biología implica un proceso de varios cursos de física, estadística y otras materias que permiten la cuantificación no solo de la fisiología, sino de fenómenos biológicos más generales, así como genéticos, de reproducción, de contaminación, etcétera."

Para ambos investigadores su presencia en el Departamento de

Fisiología del ICUAP representa un serio compromiso con la transmisión del conocimiento obtenido en sus propios campos de estudio y un deseo personal de vincularse con las nuevas generaciones científicas.

"Estoy enamorado de la investigación —afirma el doctor Serrato—, pero la enseñanza siento que es otra carrera de la cual también he estado enamorado."

Desde su regreso de Inglaterra donde obtiene el grado de doctor, Serrato se aboca seriamente a desarrollar la maestría en fisiología y a diseñar programas con nivel de excelencia. Tanto la tardía salida de Serrato de nuestro país como su posterior regreso, no obstante las múltiples ofertas recibidas para continuar su carrera en el extranjero, se debieron a su deseo de seguir preparando estudiantes que lo han buscado, que lo han invitado a que comparta con ellos sus conocimientos, por quienes Serrato está dispuesto a cargar su automóvil de equipo y viajar desde los Estados Unidos —donde las circunstancias lo llevaron a ubicarse— a la ciudad de México. "Aunque la motivación racional —dice— es que si de alguna manera puedo ayudar al desarrollo de la ciencia en México con la enseñanza, siempre estaré dispuesto a volver."

La estrecha amistad que ha unido en el trabajo profesional al doctor Lee Peachey, con Serrato, lo llevó a aceptar su invitación para complementar el curso dictado en México.

"Nací, vivo y trabajo en los Estados Unidos —dice Peachey— y veo a México como un vecino cercano con el cual podemos establecer ayuda mutua." Para el investigador, su colaboración puede aportar a los jóvenes estudiantes mexicanos la posibilidad de establecer contactos internacionales. "Ya que —apunta— cualquier país o persona, con deseos de estar al frente de cualquier campo de investigación, debe mantener contactos internacionales para conocer los avances en su rama de estudio."

Durante su breve estancia en el Departamento de Fisiología, los doctores pudieron observar el alto nivel de formación de los jóvenes científicos de Puebla y de otros lugares e instituciones del país que tuvieron la oportunidad de trabajar con ellos. El curso impartido también dio paso al trabajo académico y de investigación en las nuevas instalaciones del departamento. En opinión del doctor Gonzáles Serrato, este hecho abre una nueva etapa de la investigación en fisiología en la universidad. "Pero —agregó— un nuevo edificio no es una casa, no basta con el sueldo si sólo es el sueldo, como no basta una biblioteca cuando nada más es una biblioteca; lo que se requiere ahora es crear un hogar en el que los investigadores se sientan felices de su trabajo y puedan enseñar a sus hijos —que son los estudiantes—, porque sin ellos no hay continuidad."

XV Aniversario del INAOE



El pasado 19 de Marzo se conmemoró el XV Aniversario del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), y XLV Aniversario del Observatorio Astrofísico Nacional, en las instalaciones de Tonantzintla.

Se puede afirmar que el Observatorio fue la primera institución de investigación científica fuera del Distrito Federal. Como resultado de las actividades desarrolladas en sus 45 años de vida, se cuentan más de 400 publicaciones originales en astronomía, 6 000 estrellas registradas en el catálogo internacional astronómico, el cometa Haro-Chavira, y el estudio de fama internacional sobre las estrellas ráfaga y los objetos Hérbig-Haro.

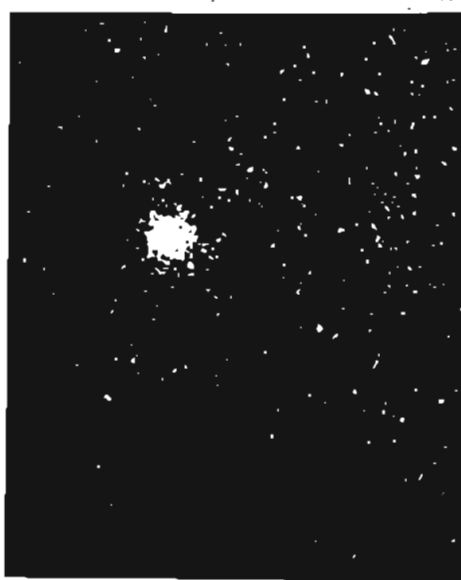
Quince años atrás, en este mismo lugar, nace el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, donde se llevan a cabo investigaciones y desarrollo tecnológico en las áreas de óptica

y electrónica. Entre las aportaciones del instituto se pueden mencionar: un telescopio con un espejo primario de 210 cm. de diámetro, desarrollo de tecnología y producción de ópticas para microscopios escolares.

Asimismo, el INAOE ha diseñado y fabricado circuitos electrónicos de control, con alta integración de 1 200 transistores en un área de 4 x 4 mm².

Estos circuitos se exportarán al mercado de los Estados Unidos. Pero, además, en el instituto se han formado 96 maestros en Ciencias y el primer doctorado con la especialidad en óptica de nuestro país.

Como parte de la celebración del doble aniversario, se rindió homenaje a la memoria del científico mexicano Luis Enrique Erro, fundador del observatorio y distinguido mundialmente al imponérsele su nombre a un cráter lunar.



Una supernova en la Gran Nube de Magallanes

*Gerardo Torres del Castillo **

El pasado 24 de febrero fue observado un fenómeno astronómico poco frecuente: en la Gran Nube de Magallanes, una de las dos galaxias vecinas a la nuestra, apareció una supernova, resultado de la explosión de una estrella, haciendo que súbitamente su luminosidad se hiciera cientos de miles de veces mayor que la del sol. La supernova fue descubierta independientemente en el observatorio Las Campanas en Chile y en el observatorio angloaustraliano en New South Wales, Australia.



* Universidad de Oxford, Inglaterra; Dpto. de Matemáticas, ICUAP.

En una galaxia como la nuestra se producen 2 ó 3 supernovas cada siglo (sin embargo, a pesar de su brillantez, pueden ser invisibles para nosotros debido a que su luz puede ser obstruida por el material interestelar). No es raro, por tanto, observar supernovas en alguna de las muchas galaxias conocidas. La supernova de la Gran Nube de Magallanes, sin embargo, es relativamente cercana, lo que hace posible observarla con más detalle que a cualquier otra observada en el pasado. La Gran Nube de Magallanes se encuentra a 170 000 años luz de distancia (nuestra galaxia tiene alrededor de 100 000 años luz de diámetro) pero solamente es visible desde el hemisferio sur. El diámetro de la Gran Nube de Magallanes es de unos 23 000 años luz, por lo que, al igual que la Pequeña Nube de Magallanes que tiene 10 000 años luz de diámetro, se considera satélite de nuestra galaxia. (El nombre de "nubes" se debe a que, a simple vista, parecen nubes —lo mismo que la Vía Láctea.)

De acuerdo a las observaciones, la supernova de la Gran Nube de Magallanes, que alcanzó su máxima brillantez el 27 de febrero, es del llamado tipo 2; es decir, es el resultado de la explosión de una estrella de masa mucho mayor que la del sol. Debido a la explosión, los gases que previamente formaban las capas exteriores de la estrella son expulsados con velocidades del orden de 10 000 kilómetros por segundo. La otra clase de supernovas, llamadas de ti-

po 1, resultan de la explosión de una estrella "enana blanca" debido al gas arrancado de alguna estrella muy cercana, el cual es comprimido al llegar a la superficie de la enana blanca por el intenso campo gravitacional de ésta.

En el caso de las supernovas de tipo 2, se supone que antes de la explosión se tiene una estrella de masa varias veces mayor que la del sol que, debido a su evolución, está compuesta de capas concéntricas de diversos elementos cuyo peso atómico se incrementa al ir de las capas exteriores, que se componen de hidrógeno y helio, al centro de la estrella, compuesto de hierro. Las reacciones nucleares que producen energía en las estrellas (y las mantienen en desequilibrio) son reacciones de fusión; es decir, consisten en la fusión de átomos para formar átomos más complejos y masivos, lo cual libera energía si los átomos involucrados son más ligeros que el hierro. Por el contrario, para lograr la fusión de átomos más masivos que el hierro se requiere añadir energía. Así que cuando el núcleo de la estrella está formado por hierro, éste ya no produce energía y el peso de la estrella, que antes era balanceada por la presión generada por el núcleo, hace que se derrumbe (o colapse) la estrella, lo que produce una gran cantidad de energía que, de alguna manera, se transmite a las capas exteriores, expulsándolas.

Un posible mecanismo para la transmisión de la energía desde el núcleo hacia las capas exteriores

de la estrella es a través de los neutrinos, que deben producirse en grandes cantidades durante el colapso de la estrella. De hecho, varios detectores en diferentes lugares de la Tierra registraron un número relativamente alto de neutrinos varias horas antes de que la supernova fuese detectada ópticamente. La razón de esta diferencia es que los neutrinos se originan en el núcleo de la supernova, donde se inicia el colapso, y dado que difícilmente interactúan con la materia, pueden atravesar la estrella casi instantáneamente, mientras que la luz procede de la región exterior de la supernova. Probablemente la información recabada por estos detectores ayude a resolver algunas de las incógnitas asociadas con los neutrinos. Un problema que existe desde hace tiempo es que, de acuerdo al modelo sobre los procesos que ocurren en el sol, deberían de detectarse más del triple de los neutrinos que realmente se observan procedentes del sol, lo que se ha tratado de explicar suponiendo que los neutrinos decaen (esto es, se transforman) en otras partículas que no son detectadas. Habría que explicar cómo es que los neutrinos procedentes de la supernova son capaces de sobrevivir 170 000 años en su viaje a la Tierra.

Los neutrinos, cuya existencia fue inferida por W. Pauli en la década de los años veinte y confirmada en 1955, son partículas eléctricamente neutras y difíciles de detectar debido a que su interac-

ción con la materia es sumamente pequeña. Los neutrinos son más ligeros que las demás partículas subatómicas (con la excepción de los fotones, que tienen masa igual a cero) y experimentalmente se ha encontrado que su masa no excede de ciertos límites. Los datos recopilados, atribuidos a neutrinos producidos en la explosión de la supernova, confirman que la masa de los neutrinos es muy pequeña (menor que 25 electrovoltios —la masa de un electrón, por ejemplo, equivale a medio millón de electrovoltios). De ser así, los neutrinos difícilmente podrían constituir la "masa faltante", esto es, la materia invisible que, se supone, forma la mayor parte de la masa del Universo.

Nuevo órgano de comunicación científica en la UAP

"Divulgar el trabajo de investigación realizado en la universidad nos obliga a ser realistas en los planteamientos que se hagan sobre sus alcances", así lo expresó el doctor Carlos Welti Chanes, al hacer referencia a la reciente aparición del boletín informativo *Inforciencia*, ante el Consejo de Investigación y Estudios de Posgrado de la Universidad Autónoma de Puebla.

En sesión celebrada el día,

infor CIENCIA
Boletín informativo de la Universidad Autónoma de Puebla

Recomendaciones a Rosalinda Carfagna

Aquí entre en contacto con la Química

... Interactúa con la naturaleza, que te lleva al laboratorio. Grupos de estudiantes, un grupo de maestros y estudiantes, todo en el momento en que el acto ha terminado y después de él, se reanuda el trabajo en el laboratorio. La química se encuentra en el mundo y con un conocimiento nacional que se está administrando. El libro que se encuentra ahí.

Con el fin de revisar los programas de estudios de la carrera de Ingeniería y Química, los estudiantes reales del campo de trabajo, el pasado año el libro se llevó a cabo una serie de reuniones de análisis y discusión en el Consejo de Comunicación de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas. En el evento participaron representantes de diferentes instituciones así como de la propia universidad.

¿Qué está pasando con la Economía Mundial?

La más reciente información es un trabajo producido de un solo A. conferencias sobre problemas económicos internacionales, organizado e impartido por los miembros del Programa de Estudios de Economía Internacional (PEEI), adscrito a la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado. Los materiales que reproducen son una serie de análisis, presentados por los docentes de la Universidad Autónoma de Puebla.

En esta primera edición se

... Nuevas implementaciones en el Departamento de Química
... Estudios de Biología
... Cursos en Microbiología
... Cursos abiertos en Ingeniería de la UPAEM
... Zoológico

Necesario actualizar el Plan de Estudios

La publicación del CONACULTA en todo

... Nuevas implementaciones en el Departamento de Química
... Estudios de Biología
... Cursos en Microbiología
... Cursos abiertos en Ingeniería de la UPAEM
... Zoológico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

10 de junio de 1986, el Consejo de Investigación y Estudios de Posgrado (CIEP) —integrado por investigadores y profesores de posgrado— resolvió por unanimidad publicar un boletín que sirviera de canal de comunicación entre el consejo y los universitarios, de tal manera que éstos conocieran los acuerdos del propio consejo, las actividades de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado y el estado actual de la investigación en la UAP.

La constancia, calidad y profesionalismo con que se ha desempeñado el equipo responsable de la revista *Elementos*, le mereció el que la Secretaría de Investigación le otorgara la responsabilidad de realizar *Inforciencia*, órgano de información de CIEP. El

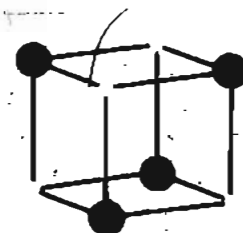
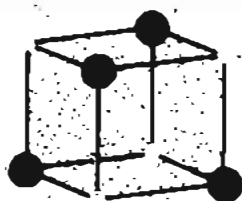
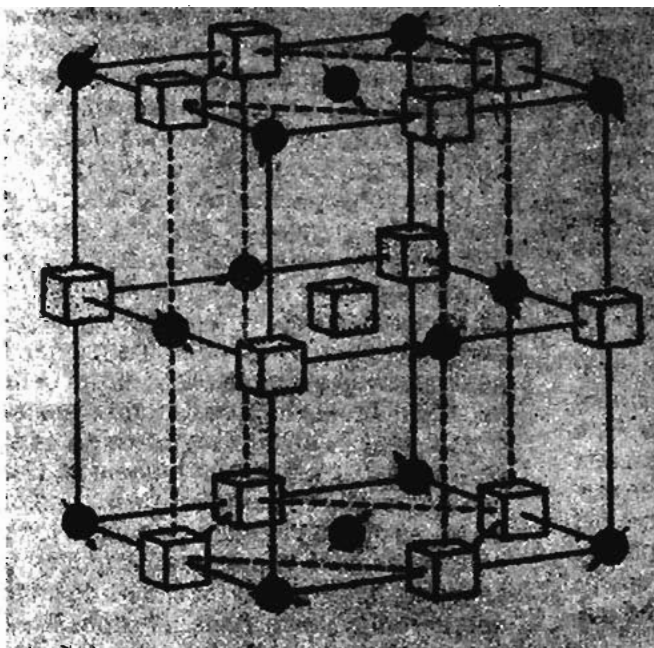
nuevo boletín viene a complementar la tarea de difundir el trabajo científico de la UAP que hasta ahora ha cumplido acertadamente *Elementos*. El boletín tendrá mayor periodicidad y aplicará un criterio periodístico a la información recogida directamente en las fuentes. Más que cumplir funciones de vehículo comunicador, *Inforciencia* aparece como un servicio, pues en sus contenidos se da especial atención a la difusión de los acuerdos tomados por el CIEP que implican a la comunidad.

De igual manera *Inforciencia* atiende la vida académica, al dar a conocer a los profesores e investigadores invitados que llegan del extranjero y de otras instituciones del país, y a los investigadores de casa que salen a congresos, reuniones o realizan estudios de posgrado en otros países. En breves notas se intentará dar un panorama de quehacer científico y de los eventos cotidianos en cada escuela o departamento. No se deja de lado, desde luego, el informar sobre el desarrollo actual de las investigaciones en proceso. Otro aspecto de interés para los lectores del boletín son las páginas que anuncian becas, *simposia*, reuniones, y todas aquellas actividades que complementan el trabajo académico y de investigación.

Con el boletín se intentará superar la, no pocas veces, falta de información que lleva al desconocimiento de la actividad que realiza un departamento con respecto a otros, o a las posibilidades de posgrados que existen en la

propia institución. Algunos ejemplos ilustran la relevancia de las actividades de los investigadores de la UAP, que son poco conocidas y apreciadas por falta de difusión: ¿sabía usted que el Colegio de Electrónica de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas ha diseñado y construido antenas parabólicas para captar señales de satélites?, ¿y que estas antenas se han colocado en escuelas telesecundarias en zonas agrestes del estado de Puebla para que puedan recibir los cursos que son transmitidos desde el satélite Morelos?

Esta sería una muestra de la tarea que tiene por delante *Inforciencia* ya que, según lo afirmado por el doctor Welti, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado, "las investigaciones que en esta Universidad se realizan y sus resultados, deben difundirse y el conocimiento de los universitarios sobre lo que aquí se realiza es especialmente importante para definir prioridades institucionales y estimar el impacto que la actividad universitaria tiene sobre su entorno".



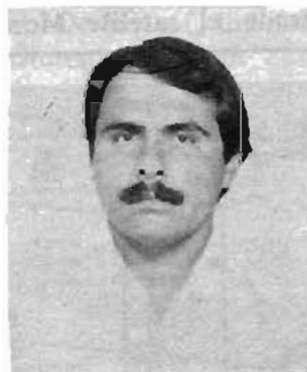


José Enrique Barradas Guevara. Nació en la ciudad de Puebla en 1957. Obtuvo su licenciatura en Física en la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas de la UAP. Ha sido profesor asistente en los laboratorios de enseñanza del Colegio de Física desde 1980 hasta la fecha, tiempo durante el cual ha realizado trabajos en construcción de equipo para enseñanza. Ha presentado trabajos en varios congresos nacionales de física y computación. Actualmente su área de trabajo es la física de altas energías y pertenece al grupo de altas energías en la ECFM de la UAP.



Deneb Chavira Martínez. Nació en la ciudad de Puebla en 1962. Es egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana, donde obtuvo el título de Biología (área de Hidrobiología) en 1984. Ha participado como investigador técnico de SEDUE, en varios pro-

yectos interinstitucionales, con SEPESCA, SEDEMAR, SCRIPPS y CIIO; entre los cuales destacan: "Cuantificación de metales pesados e hidrocarburos derivados del petróleo, provenientes de Coatzacoalcos, Veracruz", "Estudio de la calidad del agua en la laguna de Cuyutlán, Colima", "Estudio del Impacto Ambiental ocasionado por la Termoeléctrica de Puerto Libertad, Sonora", entre otros. Actualmente es Jefe de Oficina en la Dirección General de Contaminación Ambiental de la Subsecretaría de Ecología de SEDUE, en la cual desarrolla investigaciones técnicas para la prevención y control de la contaminación en el medio ambiente marino



Gerardo Alberto Garrido Natarén. Maestro en ciencias por el Centro de Investigación y de Estudios del IPN (CINVESTAV) obtuvo la licenciatura en matemáticas en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Veracruzana. En febrero de 1981 ingresó a la UAP como profesor de tiempo completo de la ECFM, y como parte de los lazos de colaboración de la UAP con Nicaragua fue profesor de matemáticas en la Facultad de Ciencias y Letras en la Universidad Autónoma de Nicaragua (núcleo León). De marzo de

1983 a la fecha ha desempeñado el cargo de Secretario General de la ECFM-UAP así como secretario de la maestría en Matemáticas de la misma escuela.

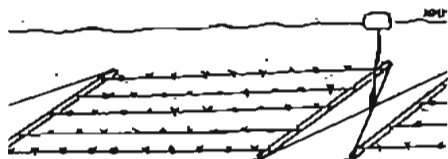


Mario Maya Mendieta. Nació en la ciudad de Puebla. Es egresado de la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Puebla. Tiene el grado de Maestro en Ciencias, especialidad en Física, del Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Profesor del Colegio de Física de la Escuela de Ciencias Físico-Matemáticas de la UAP desde 1974 y miembro del grupo de altas energías del mismo.



Carlos Mendoza Alvarez. Nació en la ciudad de Puebla en 1961. Ha realizado estudios de filosofía en la Escuela de Filosofía y Letras de la UAP, en la Facultad de Filosofía de la UNAM y en la Universidad Iberoamericana de Friburgo en Suiza. Editor co-fundador de la revista *Justicia y Paz* así como del Centro de Derechos Humanos "Fray Francisco de Victoria, O.P."

AUTORES Y COLABORADORES

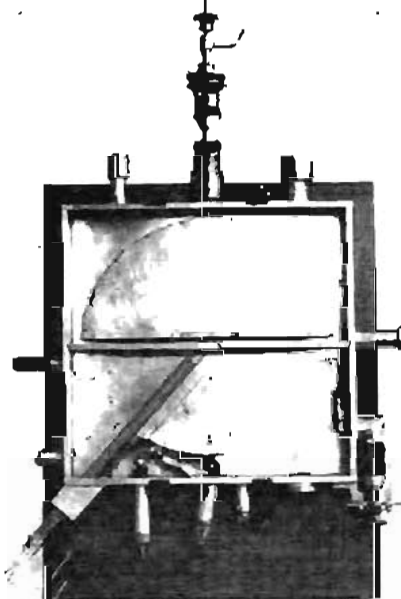


Ricardo Pérez Enríquez. Nació en la ciudad de México en 1961. Es egresado de la Escuela Superior de Ciencias Marinas, donde obtuvo el título de Oceanólogo en 1985. Ha elaborado varios proyectos de investigación en el campo de la ficología, entre los cuales se pueden mencionar: "Diseño de un estudio sobre el potencial económico de algas rojas en las costas de Baja California", "Estudio de factibilidad económica para la explotación comercial del alga *Eucheuma uncinatum* en el Golfo de California" y "Diseño de un estudio para el trasplante experimental de juveniles del alga *Macrocytis pyrifera*, en la Bahía de Todos Santos, B.C.". Actualmente es candidato a becario por la OEA para realizar estudios de Maestría en Oceanografía en la Universidad de Hawaii.



Luis de la Peña. Estudió ingeniería electrónica en el Instituto Politécnico Nacional; se doctoró en Físicomatemáticas en la Universidad Lomonosov de la URSS. Profesor visitante y conferencis-

ta en diversas universidades, ha publicado artículos en diversas revistas especializadas. Entre sus libros se cuentan: *Introducción a la mecánica cuántica* en la editorial CECSA; *Mecánica*, un texto para profesores de enseñanza media y superior, en coautoría con Ana María Getto y Claudio Guerra, y *Einstein, navegante solitario* (por aparecer en los mismos días en que aparece esta revista) dentro de la colección "la ciencia desde México" que edita el Fondo de Cultura Económica. Ha sido vicepresidente de la Sociedad Mexicana de Física y presidente de la Asociación Mexicana de Epistemología. Es, en la actualidad, profesor e investigador de la Facultad de Ciencias y del Instituto de Física de la UNAM y está dedicado al estudio de los fundamentos de la mecánica cuántica.



Miguel Angel Soriano Jiménez. Nació en la ciudad de Veracruz en el año de 1947. Es egresado de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas (ECFM) de la UAP y Maestro en Ciencias, especialidad física, por el Departamento de Física del Centro de Investigación y Estudios Avanzados

(CINVESTAV) del IPN. Ha sido profesor de Física en la Preparatoria Diurna "Benito Juárez" UAP, en la Escuela Normal Superior de Puebla, en la Escuela de Ingeniería Química UAP, y de 1979 a la fecha profesor de tiempo completo de la ECFM de la UAP, Coordinador del Colegio de Física y actualmente Coordinador de la misma escuela; su campo de estudio es la física de altas energías.



Miguel Angel Vargas Téllez. Nació en la ciudad de Cuautla, Mor. Es egresado de la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California. En el campo de la ficología ha desarrollado diversos trabajos, entre los que cabe mencionar: "Herbario Ficológico de la ESCM", "Estudio de factibilidad económica para la explotación comercial del alga *Eucheuma uncinatum* en el Golfo de California", etc.; ha participado como observador de mamíferos marinos de la Comisión Interamericana de Atún Tropical (CI-AT), a bordo del B/M "Jennifer". Es tesista en el Centro de Investigación y Estudios Superiores de Ensenada (CICESE) y se encarga del departamento de Control de Calidad en el procesamiento y envase de tñidos y sardinas en la Empacadora Mar, S.A. de C.V.

CONVENIOS

Una de las actividades fundamentales de la Dirección de Relaciones Internacionales e Intercambio Académico de la UAP, es la concertación de convenios y contratos de colaboración con diversos organismos del país y del extranjero, con el fin de ampliar el marco académico y científico de nuestra comunidad.

A continuación damos a conocer algunas de las instituciones con las cuales se han establecido convenios suscritos por la universidad y que nos muestra la actividad sostenida por nuestra institución en este campo:

CONVENIOS CON INSTITUCIONES EXTRANJERAS

Alemania Democrática	—Universidad Técnica de Dresden
Cuba	—Universidad de Camagüey
	—Universidad de la Habana
	—Instituto Superior de Ciencias Médicas de la Habana
	—Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"
	—Universidad de Oriente
Estados Unidos	—Universidad de Arizona
España	—Universidad de Oviedo
	—Universidad de Santiago de Compostela
Nicaragua	—Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
	—Ministerio de Salud
Perú	—Universidad Nacional del Atlántico de Puno
Polonia	—Universidad de Lódz
URSS	—Universidad de la Amistad de los Pueblos "Patricio Lumumba"
Uruguay	—Instituto de Investigaciones Biológicas "Clemente Estable"

CONVENIOS CON INSTITUCIONES NACIONALES

- Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE)
- Universidad Autónoma Metropolitana
- Universidad Autónoma de Morelos
- Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad Benito Juárez de Oaxaca
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Autónoma de Sonora
- Universidad Autónoma de Zacatecas

CARTAS DE INTENCION

Francia	— Universidad de París VIII
	— Universidad de París XII
Inglaterra	— Universidad de Essex
Italia	— Centro Studi per il Restauro del Monumenti e dei Centri Storici di Firenze
Polonia	— Universidad de Gdansk
	— Universidad de Varsovia
	— Universidad de Cracovia



MEXICO
 precio de un ejemplar: 50.- pesos
 suscripción anual: 500.- pesos
 SOCIEDAD DE AMISTAD MEXICO-RDA
 Guanajuato 102/303, Col. Roma
 06700 México, D. F.
 Apdo. Postal M-7488
 México 06040 D. F.
 EDICIONES DE CULTURA POPULAR S. A.
 Odontología 76
 Copilco Universidad
 Apartado Postal M-2352
 México 20, D. F.

puente

Revista de la República Democrática Alemana



GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA
CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA



INVITAN

A las instituciones de Investigación, Centros de Educación Superior y Colegios y Asociaciones de Profesionistas, a proponer candidatos para el:

**PREMIO NACIONAL DE CIENCIA "PUEBLA" 1987 EN EL AREA DE
BIOLOGIA Y MEDICINA**

**PREMIO NACIONAL DE CIENCIA "PUEBLA" 1987 EN EL AREA DE
CIENCIAS EXACTAS
CADA PREMIO SERA DE \$800,000.00 Y DIPLOMA**

BASES.

El candidato debe ser mexicano, radicado en México y no haber cumplido 40 años antes del 18 de noviembre de 1987 (comprobado todo con documentos legales).

La propuesta de la institución vendrá acompañada por:

- 1 **Curriculum vitae** (por duplicado) del candidato que incluya dirección, teléfono y fotografía reciente.
- 2 Un sobretiro de cada publicación.
- 3 Copia de los trabajos que se encuentren en prensa.
- 4 Referencias bibliográficas donde se citen los trabajos del candidato.

SOLO SERAN CONSIDERADAS LAS PROPUESTAS QUE SE ACOMPAÑEN DE TODOS LOS DOCUMENTOS INDICADOS.

- Las personas cuyas candidaturas hayan sido propuestas en años anteriores pueden aspirar a los Premios 1987 si aún no han cumplido la edad límite. Para ello sólo se requiere que la institución proponente ratifique ese deseo y que se envíen los documentos requeridos para actualizar su **currículum** (sobretiros y referencias bibliográficas recientes).
- El número de candidatos que cada institución puede proponer es ilimitado.
- El Jurado será designado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología; su dictamen será inapelable y pueden declarar desierto los Premios.

FECHA LIMITE PARA RECIBIR TRABAJOS: 28 de agosto de 1987.

CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Instituto Cultural Poblano
Reforma 1305, 3er. Piso

72000, Puebla, Pue.

Teléfono: (22) 46-56-16

El Instituto de Ciencias de la U.A.P., a través del Departamento de Aplicación de Microcomputadoras, INVITA a la comunidad universitaria y al público en general y a su X Escuela de Verano: COMPUTACION 87.

Se dictarán los siguientes cursos:

- Diseño de una microcomputadora. Se discutirá la máquina CP-AUP,
Hugo García Monroy diseñada en este Departamento y ganadora del 1er. Lugar del II Concurso Regional de Prototipos y de Investigación "Autoequipamiento 86".
- Estudio de los lenguajes REC y CONVERT, desarrollados en este Departamento.
Gèrardo Cisneros Premio 1984 del "Amateur Computer Group of New Jersey".
- Estudio del paquete de gratificación PLOT 84, desarrollado durante 20 años, 12 de los cuales han sido en
Harold V. Mckintosh este Departamento.
y *Francisco Gil*
- Estudio de los paquetes relacionales de bases de datos:
 - LORKA, diseñado y desarrollado por el grupo del Dr. Miguel Katrib de la Universidad de La Habana, Cuba.
Miguel Katrib
 - ÓBASE, diseñado por Wayne Ratliff. Salió al público en 1981.
José Luis Sn. Miguel

Los cursos serán del 3 al 28 de agosto de 1987, tentativamente; de lunes a viernes; de 9:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00 horas. Teoría, programación y laboratorio.

INFORMES E INSCRIPCIONES:

Del 15 de junio al 10 de julio, de 9:00 a 11:00 horas.
Planta Alta del Centro de Cálculo "Arq. Joel Arriaga Navarro"
49 Poniente 1102
Tel: (91 22) 43-63-30
At'n: Ma. Luisa Limón

CUOTA: \$ 100,000.00 M. N.
CUPO LIMITADO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA
INSTITUTO DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA
MAESTRIA EN QUIMICA
ADMISION 1987

Recepción de Solicitudes de Ingreso	5-15 Junio
Cursos Propedéuticos y de Actualización:	Química Inorgánica Química Orgánica Fisicoquímica Matemáticas
Exámenes de Admisión:	24-28 Agosto
Resultados e Inscripción:	1 - 4 Sept.
Inicio de Cursos:	14 Sept.

NOTA: El ingreso es anual y el cupo es limitado

INFORMES: Dra. Ma. de la Paz Elizalde G.
Apdo. Postal 1613, Puebla, Pue. 72000
Tels. 45-62-07 y 42-58-05

NOVEDADES



Angelo Altieri Megale LOS PRESOCRATICOS

Cualquiera que haya intentado enseñar filosofía griega presocrática en los propios fragmentos, sabe que la comparación entre distintas versiones constituye una inestimable ayuda para desarrollar en los estudiantes la clara conciencia de que el mundo griego es vertido al español de muy diversas maneras. Esta es una razón adicional para ver en esta nueva versión un aporte más a la comprensión del pensamiento de los fundadores de la filosofía.

Gelasio Aguilar

ADSORCION Y CATALISIS

El objetivo fundamental del libro consiste en describir en forma accesible las teorías básicas del fenómeno de la adsorción y los métodos experimentales clásicos para el estudio de las propiedades de los absorbentes y catalizadores. Asimismo, examinar el fenómeno catalítico sobre los cuerpos sólidos (catálisis heterogénea).



Félix Contreras Aguirre

MANUAL DE COMERCIO INTERNACIONAL

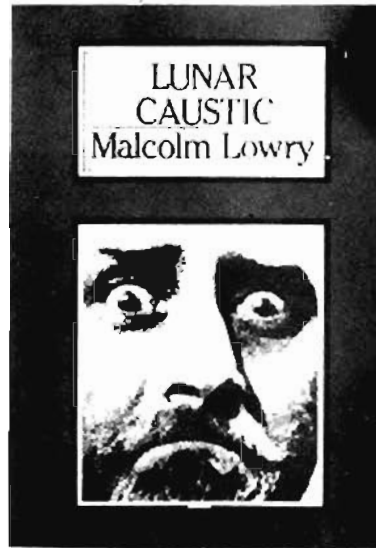
Por su expresión didáctica, éste es un libro destinado a cubrir no sólo los requerimientos de la academia sino también las inquietudes del lector no especializado. Están aquí desde los conceptos más elementales hasta los pasos específicos del comercio exterior: distintos códigos tanto para el comprador como para el vendedor, cuadros y ejemplos ilustrativos, etc.

Jorge Bouton

EL SINTOMA Y EL SIGNO 2 Tomos

Esta obra, destinada a estudiantes de medicina del nivel clínico, es esencialmente didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la clínica cotidiana. Ha sido escrita prácticamente sin bibliografía y sobre la base de una larga experiencia de 30 años en la docencia médica.

Toma como base la clínica —el signo y el síntoma— como "lenguaje fenoménico" de la enfermedad y su cronología, ordenación y jerarquización como orientación diagnóstica.



MALCOLM LOWRY.

Lunar caustic

En el ánimo fluctuante de Lowry, un ánimo minado por el alcohol, excitado hasta la neurosis por los viajes, convertidos ellos mismos en neurosis, *Lunar Caustic* sería, en su propósito, algo así como su *weltanschauung*.

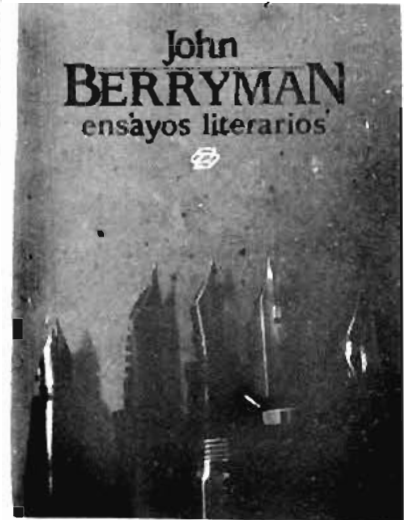
106 pp.

JOHN BERRYMAN, *Ensayos literarios*

Esta colección póstuma de la prosa de Berryman, incluye textos sobre Conrad, Henry James, Saul Bellow, Hemingway, entre otros.

Como ensayista, el autor ejerce la crítica con un peculiar sentido de la devoción.

190 pp.



WALLACE STEVENS, *El elemento irracional en la poesía*
Aquí están presentes las principales preocupaciones de Stevens: la formación del poeta, el valor de la imaginación, los efectos de la analogía, las relaciones entre poesía y pintura, y, fundamentalmente, la relación entre la imaginación y la realidad.

126 pp.



GASTON BACHELARD.

La llama de la vela

El autor nos expresa, en una serie de capítulos breves, hasta qué punto se renueva el sueño en la contemplación de una llama solitaria.

144 pp.



Alberto HUERTA

almohadón de vientos



EL PEZ SOLUBLE

- 1 Marco Antonio Jiménez/*Entrar a la antivíspera*
- 2 Francisco José Amparán/*Los once y sereno*
- 3 Ramón Antonio Armendáriz/*Cuarto creciente*
- 4 Juan Gerardo Sampedro/*Lo terrible ya ha pasado*
- 5 Mariano Morales/*Bajo el agua*

Jorge Humberto CHAVEZ

nunca será la medianoche



Gaspar AGUILERA DIAZ

los ritos del obseso



Javier BAEZ ZACARIAS

para asuntos comerciales



Jesús de LEON

afuera hay un mundo de gatos



el pez soluble