Revista de divulgación científica

elementos

INFORME SOBRE LAGUNA VERDE

Premio Nacional Newton 88
"El más cercano a Dios"

No. 13 Año 4 Vol. 2 Universidad Autónoma de Puebla Primavera de 1988

Revista de Ciencias Exactas, Naturales y Aplicadas

elementos

Elementos, núm. 13, año 4, vol. 2, invierno de 1988.

PALABRAS DEL DIRECTOR 2

CORRESPONDENCIA 4

CIENCIA HOY 6

SABER Y HACER 6
Estimulación eléctrica para fracturas óseas
A. Papaqui Tiro
L. Méndez Bognanni 11

A PLENA LUZ
Acupuntura analgésica: una larga travesía
Luis A. Argellés 20
La radiactividad
María del Pilar Trujillo García 25

CONCIENCIA
Informe sobre Laguna Verde
No a Laguna Verde, Marco López Negrete
Debate en la UAP
Objeciones a Laguna Verde
Seguridad pública, Georgina M. Rangel
Del núcleo y otros desmanes
Plantas nucleares en EU, Arthur W. Chaffe
No a Laguna Verde nuclear 36

PREMIO NEWTON 1987
El más cercano a Dios
J. Rafael Martínez 61

LOS PASOS DEL SABER
El psiquismo en la filosofía de Leibniz
Lourdes Rensoli Laliga 72

NOTICIAS 86

PASANDO REVISTA 92

AUTORES Y COLABORADORES 93

La sociedad no está muy convencida de las razones para que México se introduzca en la era nuclear sin una verdadera discusión que oiga y pondere las posiciones independientes. Presentamos algunas de las objeciones, alternativas y tratamiento periodístico del debate. Además, un esbozo histórico de la radiactividad. . p.36.

Para conmemorar el tercer centenario de la publicación del ***Philosophiae naturalis principia mathematica****, las revistas* ***Elementos, Ciencia y Desarrollo****, el Planetario de Puebla y la Sociedad Mexicana de Física, convocaron al concurso nacional Newton para ensayo inédito. Presentamos el texto ganador ("El más cercano a Dios") y dos trabajos sobre el desarrollo de la revolución científica, en la que Isaac Newton (1642-1727) realizó aportes básicos. . . pp. 61.*

PALABRAS DEL DIRECTOR

Tres años divulgando ciencia

Con el número 12 de *Elementos* celebramos tres años de aparición ininterrumpida. Con la revista que tiene usted en sus manos, iniciamos el cuarto año de trabajo editorial. Hoy la revista cuenta con los recursos necesarios para entregar una mejor calidad de edición; pero, sobre todo, con un equipo profesional que nos permite ofrecer temas en ciencia y tecnología desde los diversos géneros periodísticos como el reportaje, la crónica y la entrevista.

Elementos llega así a una época en la que, podemos afirmar, se ha superado el viejo reto de la efimeridad editorial, no sólo por el aspecto temporal —que por sí mismo es algo loable— sino por el grado de madurez alcanzado que se refleja en el creciente número de lectores y colaboradores.

Los horizontes de nuestro equipo de trabajo no se han cerrado. Conscientes del poder y la necesidad de la información, se ha dado paso a nuevas iniciativas como el boletín *Inforciencia,* el diseño y producción de carteles, la elaboración de guiones radiofónicos, la asesoría editorial y otros proyectos.

En efecto, del número 1 al 13 de nuestra revista se han publicado un total de ciento catorce artículos en los que se manifiesta una generalizada presencia universitaria: colaboradores de las escuelas de Ciencias Físico Matemáticas, Ciencias Químicas, Filosofía y Letras, Medicina; de los departamentos de Física del Estado Sólido, Semiconductores, Química, Ciencias Fisiológicas, Mapoteca y Hospital Universitario.

Asimismo en el plano nacional figuran en nuestras páginas colaboradores procedentes de instituciones como los Departamentos de Física, Química y Matemáticas del CINVESTAV-IPN y del Departamento de Energía —unidad Mérida— de la misma institución; de los Institutos de Astronomía, Matemáticas, Física, Investigaciones Filosóficas, Investigaciones Biomédicas, Investigaciones Sociales y de las Facultades de Medicina y Química de la UNAM; de la UAM Azcapotzalco y Xochimilco; del Departamento de Cartografía y Análisis Estadístico y de la Subdirección de Investigación Básica de Procesos, ambos del Insti-

Elementos, núm. 13, año 4, vol. 3; impreso en México

tuto del Petróleo; de la Subsecretaría de Ecología de la SEDUE y del INAOE.

Por lo que respecta a los colaboradores en el extranjero, se han publicado artículos inéditos de investigadores de las universidades de La Habana, Costa Rica, Waterloo, Ginebra, Chile y del País Vasco, así como del Instituto Nacional de Oncología y Radiología de Cuba. Se ha contado también con la participación de colaboradores independientes localizados en Cochabamba, Bolivia y en Houston, Estados Unidos.

Elementos ha hecho dos contribuciones sustanciales a la Universidad: la creación de un espacio editorial en el que los profesores e investigadores pueden mostrar el trabajo y sus aportaciones a la construcción de la ciencia y la técnica, llenando un vacío existente en la UAP desde hace varios decenios; ahora existe un medio de vinculación con los universitarios y con la sociedad en general, con lo que los productos de la investigación dejan de ser del dominio único de sus trabajadores, para convertirse en actores de una obra que puede ser contemplada, apreciada y retroalimentada por un público cada vez más numeroso.

La otra aportación sustancial radica en la discusión que de los problemas fundamentales de filosofía e historia de la ciencia ha introducido en la UAP

En efecto, hasta antes de la aparición de esta publicación, corrientes de pensamientos ubicadas o influenciadas por la filosofía analítica eran conocidas únicamente por los especialistas del tema (dos o tres personas en la UAP). Ahora es evidente la regularidad con que hemos publicado artículos de lógica matemática o filosofía de la física aunada a la concepción epistemológica que de la ciencia tiene el pensamiento marxista.

Con ello hemos pretendido mostrar, hasta donde nos ha sido posible, los diferentes matices de la reflexión filosófica del quehacer científico, esperando hacer ver a nuestros lectores, entre otras cosas, la exigencia de lecturas y conocimiento que requiere necesariamente la lectura y el estudio de los problemas de la filosofía de la ciencia, lo que no obsta para darse cuenta de la profundidad y de lo apasionante del tema.

Preocupados por obtener una mayor participación estudiantil hemos dado pasos encaminados a la fundación de un comité estudiantil de colaboradores que nos permita estrechar los vínculos con las necesidades de formación e información en las escuelas de ciencias e ingeniería y a la vez contar con un grupo de egresados universitarios que estén en capacidad real de expresar sus puntos de vista en medios masivos de comunicación e influir en la opinión pública, regional y nacional.

Este comité de estudiantes recibió un curso básico de redacción y periodismo con lo que los estudiantes realizarán, en principio, actividades de reporteros para posteriormente desarrollar cada uno de los géneros del periodismo orientado a la actividad científica y técnica.

Agregamos, en la sección ConCiencia un extenso comunicado sobre Laguna Verde, con la finalidad de contribuir al debate que permita llegar a la mejor solución del problema. La responsabilidad es de todos; y la información, impostergable.

CORRESPONDENCIA

Ensenada, Baja Calif.

Estimado Sr. Director:

Me permito distraer su atención para solicitarle muy atentamente nos incluy n en la lista de distribución gratuita de la revista *Elementos* o bien nos envíen factura pro-forma por la suscripción anual de la misma.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención, me despido.

Atentamente.
Ma. Elena Jiménez F.
Bibliotecaria

Acayucan, Veracruz.

He recibido con agrado cada una de sus revistas, por lo que deseo seguir recibiéndola, para lo cual les envío giro como apoyo a su revista.

Sinceramente deseo felicitarlos por la labor que están realizando, aunque una revista como ésta considero que debería tener una mayor difusión, para que se vean los frutos de un trabajo tan digno a su cargo.

Ing. Samuel Martínez García

Yautepec, Morelos

Felicito a todas las personas que intervienen en la elaboración de la revista *Elementos* por su importante contribución para dar a conocer a la sociedad la ciencia, la cultura y los avances científicos y tecnológicos suscitados, en especial en nuestro país.

El esfuerzo conjunto de técnicos, especialistas e investigadores se ven plasmados en esta revista, que una vez más, muestra al intelecto y al buen lector de la ciencia y la cultura no sólo de nuestro país, sino también, de la comunidad mundial.

Por su distinguido esfuerzo. . . Felicidades a todos.

Alfredo Márquez S.

UNAM, México.

Por medio de la presente, me permito solicitarle tenga a bien girar las instrucciones respectivas para que nos siga llegando la revista *Elementos,* en calidad de donación, la que ha sido de mucha utilidad para brindar el servicio a nuestros usuarios, principalmente como material de consulta, aquí, en Biblioteca Central de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Asimismo, ruego tomar en consideración nuestra dirección, para que su publicación nos llegue con el menor retraso posible.

Marcela Ochoa Ruiz.
Depto. de Publicaciones
Periódicas.

Sr. Director:

La Agrupación Mexicana para el Estudio de la Hematología AC, felicita a la revista *Elementos* en su tercer aniversario de labor en la divulgación de la investigación científica, deseando que continúen con éxito su importante trabajo en beneficio de la comunidad universitaria de Puebla.

Atentamente

Dr. Antonio Marín López

Torreón, Coahuila.

Distinguidos universitarios: me es grato saludarlos y dirigirme a ustedes por medio de la presente, deseando un año 1988 lleno de

oportunidades y satisfacciones por la labor desarrollada.

Tengo la incertidumbre respecto a dos números de su revista que no he recibido. Debo aclarar que no es reclamación y que comprendo las dificultades de su labor, cuando es por iniciativa propia y no es considerada prioritaria en el juego político del país (política de Estado).

Me gustaría que trataran temas biomédicos como los tratados por Filiberto Malagón en su artículo "Consideraciones históricas sobre la malaria" (núm. 8, julio-septiembre de 1986).

En días pasados y en festejos propios de este tiempo, encontré en la biblioteca del anfitrión del festejo, la revista española *Mundo Científico*, que contenía una nota respecto a la lepra; en ella se menciona que el microorganismo causante de esta enfermedad es de incubación lenta y además posee en su contenido molecular una proteína que inutiliza al sistema inmunológico del afectado, por lo cual no ataca al citado gérmen.

Además, me di cuenta de que *Elementos* cuenta con secciones semejantes a la citada revista española y que le falta una sección de libros que se reseñen a grandes rasgos. No sugiero que copien el contenido de la revista española, pero propongo que se hable de los libros que el personal académico de la UAP realiza. Estoy consciente de que dicha revista extranjera es muy buena en su contenido y que es muy costoso adquirirla (mi amigo me dice que cuesta 40 dólares): ¿se imaginan? ahorrar para adquirirla sería una eternidad. . . además del constante movimiento de esa moneda.

Pero no me desilusionó lo nacional, especialmente *Elementos:* me agrada e interesa por la forma en que trata los temas (histórico-bibliográfico) de manera comprensible, para conocer cómo surgieron y se desarrollaron los grandes descubrimientos científicos.

Por último, esperando no abusar de su atención, me gustaría que *Elementos* forme una sección de Ecología popular, que nos dé nociones y bases para reconocer contaminantes y sustancias tóxicas en la lluvia y en el aire de nuestro medio, entre otras cosas.

Saludos y muchas gracias.

Marcial Ramírez Robles
Av. Gustavo A. Madero núm. 392,
Colonia 1o. de Mayo. C.P. 27370,
Torreón, Coahuila, México.

Bomba infusora de soluciones UAP 8407

Desarrollada por los investigadores del Departamento de Semiconductores, Francisco Flores Gracia y Daniel Yt Salgado, la *bomba infusora de soluciones* (BIS) es de gran utilidad dentro del medio hospitalario y tiene, entre otras, las siguientes aplicaciones:

- En el tratamiento del cáncer, para aplicar fármacos directamente a través de la arteria que irriga al tumor, con el fin de lograr mayor eficacia y disminuir en forma importante la toxicidad. En este caso la bomba es indispensable para vencer la presión arterial.
- En pediatría, para tratamiento de hidratación y electrolitos con dosis y tiempos exactos.
- En obstetricia, para la aplicación de oxitocina en la inducción del parto.
- En cirugía, para la alimentación a través de la vía venosa cuando no se puede utilizar la vía digestiva.
- En laboratorios clínicos de Fisiología, de químicos, etcétera.

La BIS utiliza el principio de la bomba peristáltica: el catéter que contiene la solución se coloca en un cabezal que tiene un par de rodillos rotatorios, de forma tal que la solución nunca se pone en contacto con el sistema mecánico de la bomba, por lo que no existe contaminación.

El motor de la bomba es de corriente directa de 12 voltios y su velocidad es controlada por un dispositivo electrónico que nos permite controlar el flujo de soluciones en un tiempo determinado. Este flujo varía desde 10 hasta 900 milímetros por hora.

La bomba cuenta con un detector de líquido, el cual al terminarse la solución o al presentarse una burbuja de aire, desactiva automáticamente la BIS y activa una alarma sonora que pone en alerta al personal que maneja el equipo.

Cabe hacer mención de que este equipo, diseñado totalmente en el Departamento de Semiconductores del ICUAP, usa componentes de fácil acceso en el mercado nacional, lo que disminuye su costo y lo hace de fácil mantenimiento. Además su uso no requiere adiestramiento especial, sólo conocimientos generales de enfermería.

Estimulador peroneal UAP8703

Los investigadores Alejandro Papaqui Tiro, Luis Alberto Méndez Bognanni y Rafael Herrera García, del Departamento de Semiconductores de la UAP, desarrollaron un *estimulador peroneal*: una de las aplicaciones específicas para hemiplejía de un método más general de utilización de la corriente eléctrica

para corregir ausencia o deficiencia del estímulo nervioso.

Este se utiliza para provocar el levantamiento del pie durante la marcha en pacientes que tienen el pie caído por tener un grado moderado de contractura muscular y deficiencia del impulso nervioso.

El dispositivo tiene dimensiones de 11 x 7.5 x 3 cm. La intensidad de estimulación es controlada por el paciente incrementando la intensidad del impulso eléctrico hasta lograr su óptima respuesta.

Presenta una entrada para los electrodos que se colocan sobre la superficie de la piel sujetados con un vendaje en la cara posterior de la rodilla en dos puntos del trayecto del nervio peroneal; y otra entrada para un control adaptado al tacón del paciente, el cual es fijado en una plantilla del zapato. Este control da la orden de disparo del impulso eléctrico para que ocurra en el momento oportuno de la marcha. El tiempo de duración del estímulo cuenta con dos alternativas: en una se puede escoger el tiempo de salida y permanece invariable, mientras que en la otra, la duración del estímulo depende del tiempo en que es presionado el control de la plantilla en el suelo, según el cambio de ritmo de la marcha, con el fin de facilitar una marcha rápida. Durante el tiempo en que el control está presionado no hay salida del estímulo: cuando el paciente está detenido no existe estimulación muscular.

Los movimientos de contracción muscular que provoca son suaves, el dolor es mínimo (forma de cosquilleo), y se puede regular la fuerza y cantidad de impulsos para lograr una óptima eficacia, además de disminuir el agotamiento del músculo.

Este dispositivo no se puede utilizar en pacientes que presentan alteraciones de las articulaciones y de los huesos, como en el caso de movimientos limitados de las articulaciones, deformidades, acortamiento de la pierna, etcétera.

El estimulador personal está siendo utilizado en una Escuela de Rehabilitación para Parálisis Cerebral Infantil de la Secretaría de Educación Pública.

Desarrolla la UAP nueva tecnología para la industria electrónica

La importación de componentes y equipos electrónicos para la industria automovilística, de la computación y de aparatos de alta fidelidad, representa una enorme fuga de recursos que obliga a investigadores mexicanos a buscar el dominio de las diferentes tecnologías.

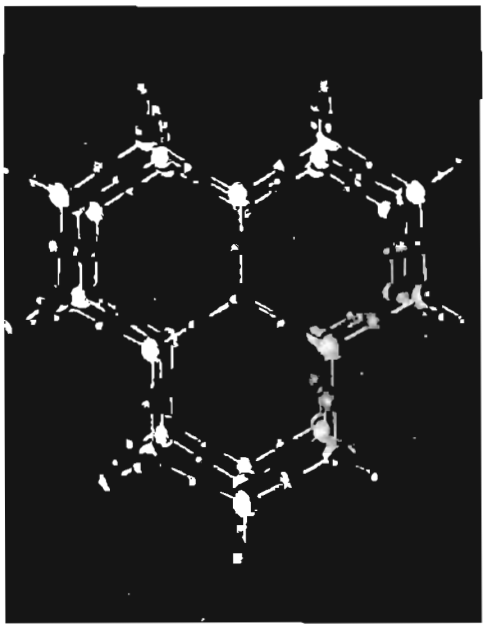
La experiencia del Departamento de semiconductores, del ICUAP, en el diseño y construcción de instrumental y equipo ara la investigación de dispositivos microelectrónicos, permitió a Antonio Ortega y Reglio Vega, emprender con éxito el diseño de un circuito denominado Tecnología Híbrida de Partícula Gruesa, que se distingue por su bajo costo de producción, diseño e investigación.

Esta nueva tecnología se obtiene con la aplicación —por métodos de impresión— de tintas conductivas, resistivas y dieléctricas, sobre sustratos de cerámica para producir elementos pasivos como resistencias, condensadores y pistas de interconexión que, al unirlos con elementos activos (diodos, transistores, circuitos integrados) conforman los circuitos conocidos como híbridos.

Por el bajo costo de producción de esta tecnología su uso se ha incrementado, sobre todo, en las aplicaciones industriales. Se sabe, que la tecnología de película gruesa tiene óptimo resultado en aquellos sectores de la industria en donde se cuenta con volúmenes bajos de producción, arreglos complejos y donde se requiere de mediana a alta potencia, alto voltaje, estabilidad térmica y de frecuencias, y componentes pasivos de precisión.

Aunque en la industria de la electrónica aún predomina el uso de los circuitos integrados, existen ramas de ésta en donde la tecnología híbrida de película gruesa mantiene la delantera, no sólo por ser más económica, sino por contar con características de las que adolecen las tecnologías monolítica y de película delgada.

El grupo responsable de la investigación sobre tecnología híbrida, diseñó y construyó el instru-



mental mínimo requerido para la obtención de dispositivos de película gruesa, consistente en un horno de seis zonas de calentamiento, impresora de tintas, ajustador de resistencias y microscopio de pruebas. El equipo con que cuenta el Departamento de Semiconductores, permitió, una mayor agilidad en el diseño de los dispositivos y un alto nivel de competitividad en la calidad de los circuitos.

Dadas las ventajas que presenta esta tecnología, el grupo de investigación responsable, se propone alcanzar una calidad comercial en los prototipos desarrollados. De esta manera, la brecha existente entre la investigación y la producción industrial se reduce por el hecho de que esta tecnología no requiere de instrumental sofisticado, ni personal altamente calificado; además de las ventajas que ofrece su costo.

Primeros polímeros orgánicos ferromagnéticos preparados

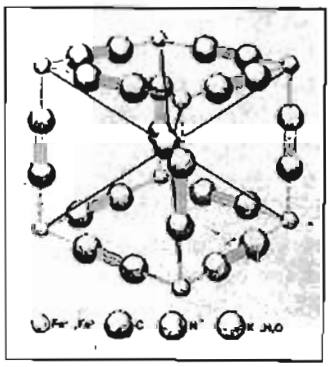
Dos grupos de investigación independientes, en la Unión Soviética y en EU publicaron recientemente informes del descubrimiento de los primeros polímeros orgánicos que espontáneamente se tornan magnéticos a temperatura ambiente. Esta propiedad es conocida como ferromagnetismo, que resulta cuando en un material los spines de electrones desapareados espontáneamente se orientan en la misma dirección, creando efectos magnéticos de volumen.

El ferromagnetismo es el último en entrar a la lista de propiedades electrónicas que siempre se pensó eran inherentes sólo a materiales inorgánicos, pero que ahora han sido observadas en materiales orgánicos. Esta lista incluye conductores metálicos, semiconductores y superconductores. Ferromagnetos orgánicos podrán un día remplazar a los métalicos o compuestos metálicos actualmente usados por sus propiedades magnéticas, tal como el dióxido de cromo, el cual es usado para recubrir cintas magnéticas.

Los investigadores soviéticos, encabezados por A. Ovchinnikov del Instituto de Fisicoquímica de Moscú, prepararon su material ferromagnético polimerizando un monómero birradical estable constituido por un grupo mitoxil cíclico unido a cada extremo de un fragmento de diacetileno (*Natura,* 326,370,1987). Parece que los soviéticos no pudieron controlar el grado de polimerización o el tamaño de la cadena del polidiacetileno así formado.

En un comentario en la misma publicación de *Natura,* Richard H. Friend de la Universidad de Cambridge, GB, puntualizó que "sólo una pequeña fracción (0.1%) del polímero preparado por los soviéticos se convierte en polímero ferromagnético, aunque esta fracción puede ser separada magnéticamente del resto". El polímero polidiacetileno conserva sus propiedades ferromagnéticas hasta aproximadamente 150°C, un límite respetablemente alto. Arriba de esa temperatura, los spines de los electrones pierden su alineación, y como consecuencia la propiedad magnética.

El trabajo soviético es significativo porque demuestra que el spin del electrón de los radicales polímero-enlace puede alinearse a lo largo de la cadena polimérica; pero "está lejos del ideal", porque



la producción del material ferromagnético es muy poca y el producto así se caracteriza pobremente.

Los resultados en EU, recientemente publicados en *Synthetic Metals* (19,790,1987) padecen el mismo problema. Fueron anunciados primero en diciembre de 1984 en un congreso científico por el físico Jerry B. Torrance y sus colaboradores del Centro de Investigación de Almaden de IBM en San José California. Han observado comportamiento ferromagnético en un material producido por la reacción de 1,3,5-triaminobenceno con yodo. "La química de esta reacción es un verdadero lío", dice Torrance; su grupo no ha podido caracterizar su material. La producción de polímero ferromagnético en esta reacción es muy pobre (cuando mucho el 2%), y el producto "no es reproducible", puntualiza. No obstante, el material cuando es obtenido conserva sus propiedades ferromagnéticas a altas temperaturas, hasta que se descompone aproximadamente a los 400°C.

Ambos grupos han establecido que el ferromagnetismo de sus polímeros no es debido a impurezas metabólicas.

Sin importar la carencia de producto fabricado en gran escala y bien caracterizado, tanto del trabajo soviético como del norte americano, los científicos esperan que esos resultados "puedan ciertamente estimular esfuerzos posteriores para sintetizar otros ferromagnetos orgánicos"

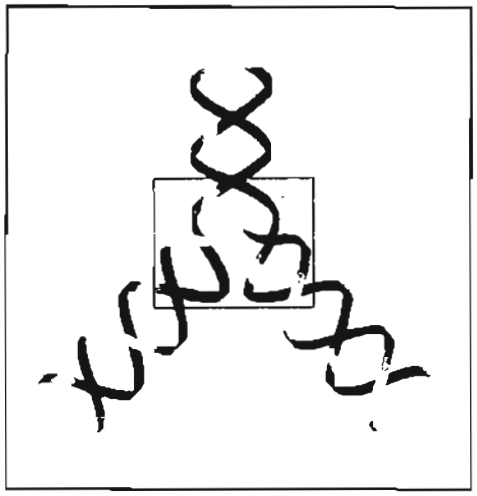
El químico de Du Pont S. Miller y sus colaboradores han sido capaces de preparar sales cristalinas, organometálicas, de carga-transferencia, tales como el decametilferrocenio tetracianoetilenido, que muestra ferromagnetismo reproducible.

Sin embargo a diferencia de los polímeros antes mencionados, esta sal particular, por ejemplo, en un ferromagneto sólo a temperaturas abajo de 4.8°K. (*C&EN*, marzo 30, p. 5, 1987.)

Mitomicinas entrelazadas al ADN para combatir cáncer

Químicos de dos universidades en la ciudad de Nueva York han encontrado que las drogas anticáncer denominadas mitomicinas actúan entrelazándose a los filamentos adyacentes del ácido desoxirribonucleico (*Science*, 235, 1204, 1987). La confirmación de este modo de acción largamente esperado puede indicar el camino para diseñar agentes sintéticos que actúen en forma similar. La predicción de los investigadores de que el oxígeno obstaculiza el mecanismo de enlazamiento es consistente con la efectividad ampliamente conocida de la mitomicina en los ambientes pobres en oxígeno, como lo es toda la célula tumorosa.

Este trabajo fue realizado por la profesora de química María Tomasz en el Colegio Hunter de la ciudad universitaria de Nueva York junto con sus colaboradores Roselyn Lipman, estudiante del último año y el pasante Dondapati Chowdary y, en la Universidad de Columbia, por el profesor de química orgánica Koji Nakanishi, el pasante Gregory L. Verdine y el profesor de posdoctorado Jan Pawlak, los cuales fueron financiados por el Instituto Nacional de la Salud.



Los colaboradores demostraron que la mitomicina C forma enlaces entre dos filamentos adyacentes, tanto de un copolímero sintético y doblemente ramificado alternando deoxiguanilato y -citidilato (poly(dG-dC), así como del ADN de la bacteria afectada *Micrococcus Luteus*. Posteriormente demostraron que la mitomicina se enlaza al ADN por la reacción en dos partes de la molécula de la droga con los dos grupos 2-amino de diferentes residuos de guanina.

En resumen, los investigadores aislaron las mismas unidades de en-

lazamiento a partir del ADN de una célula viva de rata a la cual se le había inyectado la droga. Este último descubrimiento indicó que el mecanismo de enlazamiento funcionaba bien, tanto en el tubo de ensayo como en mamíferos vivos.

Una clave del suceso en Hunter/Columbia fue el uso de ditionito de sodio para activar la Mitomicina C. Antes de esto, los investigadores habían utilizado hidrogenación catalítica o reducción enzimática en el cuerpo, pero los experimentos en el tubo de ensayo fallaron al formarse productos derivados del enlazamiento.

Tomasz y Nakanishi opinaron que la dificultad fue cinética. La forma residual oxidada de la droga puede tener desactivada la forma reducida antes de que ésta reaccione con un solo filamento del ADN. La ditionita reduce a la Mitomicina C rápida y completamente sin dejarla en la forma residual oxidada.

En sus experimentos con poly-(dG-dC) y ADN de *Micrococcus Luteus*, los investigadores trataron cada uno con Mitomicina C y posteriormente, digerida la mezcla, con enzimas para hidrolizar las macromoléculas a nucleósidos. La mezcla digerida fue separada mediante HPLC. Uno de los componentes probó ser un aducto covalente de una molécula de la droga ligada en sus posiciones C-1 y C-10 a los grupos 2-amino de dos moléculas de deoxiguanosina.

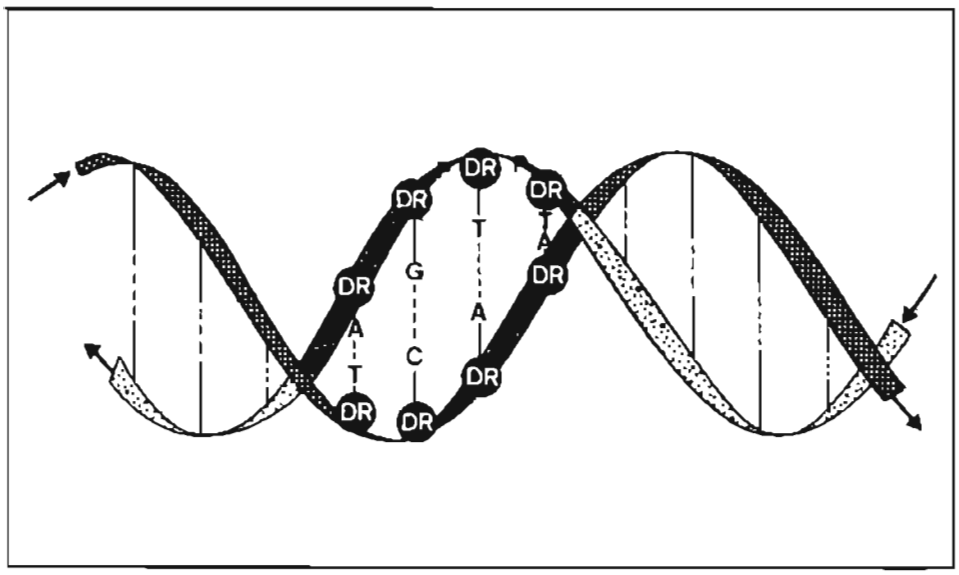
Los químicos utilizaron el ADN del *M. Luteus* por su alto contenido (72% de deoxiguanilatocitidilato) el cual maximiza la producción del aducto. Con relativamente grandes cantidades de aducto disponible, se usó como patrón para aislar e identificar cantidades pequeñas del mismo aducto en fracciones del HPLC de ADN digerido, tomado de una rata viva.

Una indicación de la estructura del aducto se dedujo de su espectro ultravioleta. Se observó como una superposición del espectro separado de guanosina y el nucleomitoceno de la droga. Relaciones de intensidad de picos indicaron un mitoceno y dos segmentos de guanosina. Un efecto Cotton en un pico de guanosina localizado en el espectro circular dicróico sugirió que los dos grupos de guanosina estaban cerca uno del otro.

El espectro de RMN del aducto paracetilado dio la colocación de las guanosinas tanto C-1 como C-10 de la droga. La substracción del espectro infrarrojo del acetilato, bien conocido, aducto monosubstituido, del nuevo aducto, reveló que la segunda guanosina estaba ligada a la droga en sus grupos 2-amino, como lo estuvo la primera guanina. Demostró un ión molecular en la relación esperada masa/carga por medio de espectrometría de masas bombardeando átomos rápidos. El modelo de fragmentación fue consistente también con las dos guanosinas ligadas a una molécula de la droga.

Para esto usó un programa de mecánica molecular desarrollado por el profesor de química orgánica W. Clark Still de la Universidad de Columbia.

Los químicos ingresaron datos del Laboratorio Nacional de Brookhaven para los rayos -X de la estructura cristalina de un conocido polinucleótido doblemente ramificado con 10 nucleótidos en cada rama. Así simularon un enlace de mitomicina entre grupos guanina en filamentos adyacentes. El modelo resultante demostró que la molécula de mitomicina se ajusta perfectamente. (*Chemistry and Engineering News*, 65,11(1987)26.)



Estimulación eléctrica para fracturas óseas

A. Papaqui Tiro*
L. Méndez Bognanni*
S. Alcántara Iniesta*

elementos, núm. 13, año 4, vol. 3:

Como sabemos, los avances tecnológicos de los últimos años han provocado una mecanización de la sociedad actual, lo que conlleva un aumento considerable en el número de accidentes. Las fracturas de los huesos largos son una consecuencia directa, y estos pacientes lesionados cada día ocupan más camas en los hospitales.

El alto costo de los tratamientos y las incapacidades prolongadas de los pacientes, sumados a la falta de productividad social durante esos periodos, hace que la curación de las fracturas se esté convirtiendo en un problema de salud pública.

La traumatología, como rama de la medicina, está atenta a estos problemas y su preocupación permanente es la disminución de los costos del tratamiento y la reducción del tiempo de evolución de las fracturas.

En los últimos años se ha iniciado el uso de la estimulación eléctrica para la regeneración ósea, cuyos resultados han sido ampliamente reportados, demostrando efectividad y seguridad.

Al curar una fractura, las células de reparación (osteogénicas) crecen a partir del periostio (vaina fibrosa que cubre al hueso, salvo en las caras articulares) para formar un callo externo y, en menor grado, en el endostio (capa delica-

*Departamento de Semiconductores, IFUAP.

da que tapiza las cavidades medulares) para formar el callo interno. Este crecimiento es extraordinariamente rápido y al final de pocas semanas el callo de fractura es una gruesa masa envolvente de tejido ostegénico. Al principio es blando, pero progresivamente las células osteogénicas se convierten en células productoras de sustancia ósea (osteoblastos) hasta formar hueso nuevo. La masa excesiva del callo se reabsorbe gradualmente y el hueso puede recuperar su diámetro casi normal.

La formación del callo en las fracturas puede ser anormal por alguna de las tres siguientes razones: por curar en el tiempo calculado (aproximadamente de 4 a 6 meses) pero en una posición inadecuada que deja una deformación ósea (mal unión); por requerir un tiempo considerablemente mayor al normalmente necesario (unión retardada o retardo de consolidación) y, finalmente, por curarse sin hueso alguno (falta de unión) con la consiguiente formación de unión fibrosa, o de una articulación falsa (pseudoartrosis).

El estado de unión de una fractura puede valorarse mediante el examen clínico y radiográfico; dicha unión dependerá de múltiples e importantes factores como edad y estado de salud del paciente, localización y configuración de la fractura, desplazamiento inicial e irrigación sanguínea de los fragmentos fracturados

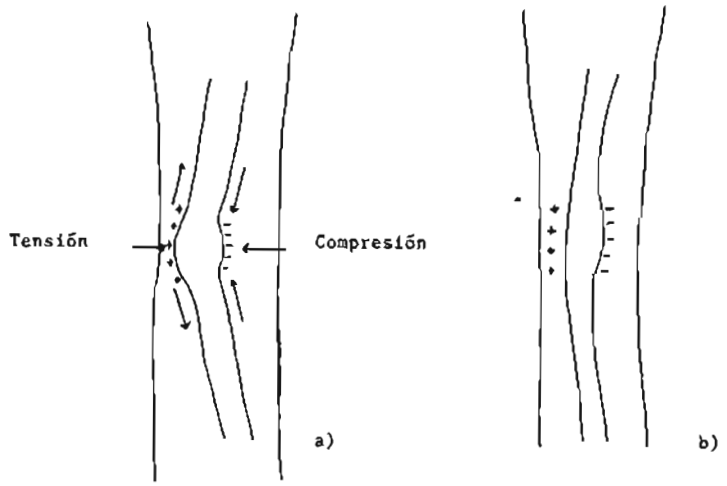


Figura 1. Unión Osea: a) sometido a cargas de comprensión y tensión debido a su posición incorrecta; b) corrección biológica parcial de la angulación.

Propiedades eléctricas del hueso

Desde mediados de los años cincuenta se ha reportado que el hueso presenta propiedades piezoeléctricas, es decir, que cuando es sometido a una deformación mecánica, genera un potencial positivo en la zona de tensión y negativo en la de compresión, diferencia de potencial que tiene relación directa con la fuerza aplicada.

Durante el ejercicio el hueso genera pequeños pulsos de potencial eléctrico, generalmente unos pocos milivoltios por centímetro; esos pulsos son producidos piezoeléctricamente por la transducción de energía mecánica (el encurvamiento de un hueso en actividad) en energía eléctrica. Los pulsos son parte de un sistema de retroalimentación natural que modifica la forma de los huesos (así como el crecimiento y la regeneración durante la reparación de las fracturas) de forma tal que minimiza el esfuerzo mecánico en el hueso: los pulsos estimulan el crecimiento del hueso; si el esfuerzo mecánico aumenta, el pulso se incrementa y el hueso crece hasta que la tensión es aliviada; en este punto, los pulsos se reducen y el crecimiento del hueso se detiene.

Lo anterior se comprueba cuando un hueso fracturado que ha formado callo en posición incorrecta o viciosa, *mal unión* (figura 1a), al entrar en funcionamiento, tiende en forma natural y con ciertas limitaciones, a recuperar su forma normal, aumentando el callo en la parte sujeta a compresión electronegativa, y desvastándose en la zona de tensión electropositiva (figura 1b.)

Esto hizo pensar que los potenciales asociados a las cargas estaban involucrados en la neoformación ósea a nivel de las zonas sometidas a compresión, pudiéndose aplicar directa o indirectamente electricidad externa para controlar e intensificar el proceso reconstructivo.

Efectos de la estimulación eléctrica en el hueso

La mayoría, o quizás todas las formas de vida, son afectadas por lo que naturalmente ocurre en un campo eléctrico o electromagnético. La migración y orientación de las aves, el comportamiento de las abejas, el nado de los peces y algunos patrones de alimentación, son

ejemplos bien conocidos de interacción entre un campo externo y un fenómeno biológico.

Desde hace tiempo se conocen los efectos de la electricidad sobre los tejidos excitables y hoy el potencial de acción de las membranas de esas células es aceptado como un dogma central de la fisiología, lo cual permitió la utilización de la electricidad para el tratamiento de algunas alteraciones: electroestimulación, músculoesquelética y nerviosa, marcapasos cardiaco, desfibrilador cardiaco, etcétera.

Los estudios para controlar células con membranas no excitables (nos referimos aquí solamente a las células óseas) son mucho más recientes y actualmente es conocido que una variedad de procesos fisiológicos y biológicos de esas células son afectados por cambios específicos en su medio ambiente eléctrico.

En las dos últimas décadas, más de 30 investigadores realizaron pruebas de laboratorio y posteriormente clínicas, utilizando corrientes que varían entre 5 y 100 microamperes de distinta polaridad, llegando a concluir de manera unánime que la corriente directa negativa de 20 microamperes es la óptima para provocar la osteogénesis. Corrientes menores producen mínima estimulación pero sin crecimiento óseo y corrientes mayores de 30 microamperes provocan desmineralización del hueso e incluso necrosis (muerte del tejido), al igual que la corriente positiva.

Inducción de la osteogénesis por corriente negativa

Es conocido que el cátodo consume oxígeno y produce radicales hidroxilos de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$2H_2O + O_2 + 4\ e \longrightarrow 4\ OH^-;$$

de esta manera la tensión de oxígeno disminuye y el pH aumenta en el tejido vecino a la localización del cátodo.

El hecho de que la baja tensión de oxígeno favorece la formación ósea ha sido demostrado en una serie de estudios:

1. Baja PO_2 ha sido medida en los cartílagos de crecimiento del hueso y en los callos de fractura donde hay hueso neoformado.
2. El crecimiento óptimo de hueso *in vitro* ocurre en un ambiente de bajo oxígeno (5%).
3. El cartílago de crecimiento y las células óseas siguen una vía de metabolismo predominantemente anaeróbica (sin oxígeno).
4. Un pH alcalino (7.7 ± 0.05) ha sido encontrado en el desarrollo de la calcificación dentro del cartílago de crecimiento.

Junto con estos cambios en la vecindad del cátodo, se encontró un aumento significativo del AMP cíclico (activador enzimático o segundo mensajero), lo cual hace pensar que los electrones o cargas actúan de manera similar al primer mensajero de las céluas óseas, logrando la diferenciación de estas últimas a osteoblastos o condroblastos (células formadoras de hueso). Estos conocimientos permitieron desarrollar los distintos métodos de estimulación eléctrica para la regeneración ósea.

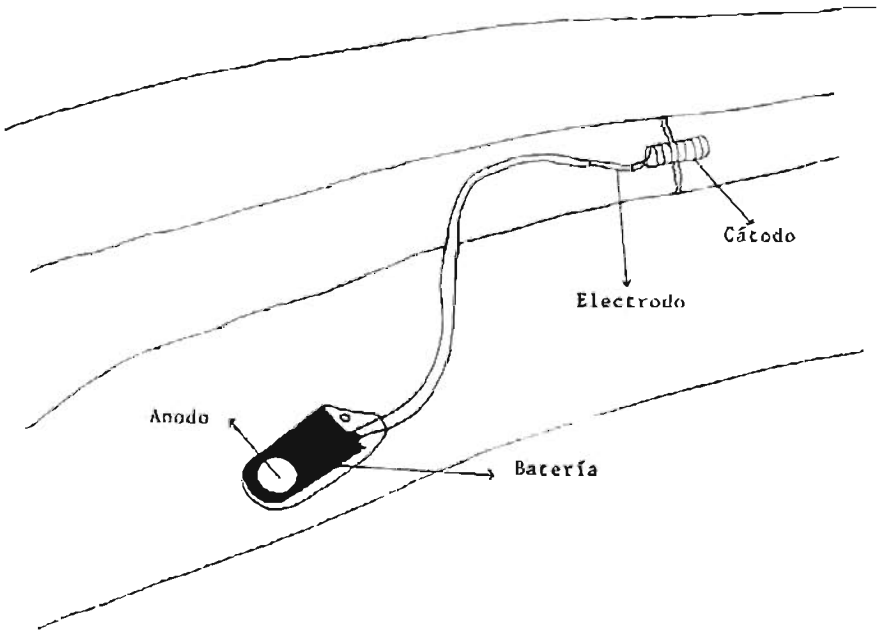


Figura 2. Método invasivo: el dispositivo completo queda por dentro de la extremidad afectada

Métodos de estimulación eléctrica

Método invasivo

De corriente constante; consiste en un dispositivo electrónico de dimensiones reducidas (45 mm x 21 mm x 6 mm) con su batería incluída de litio-iodo.

El dispositivo es implantado quirúrgicamente, colocándose el cátodo en el foco de fractura; éste se conecta a través de un electrodo aislado eléctricamente de 15 cm de longitud al generador, el cual está encapsulado con excepción del ánodo de 1.5 cm de diámetro, que cierra el circuito electrónico (figura 2). (Similar a un marcapasos cardiaco implantable con electro-

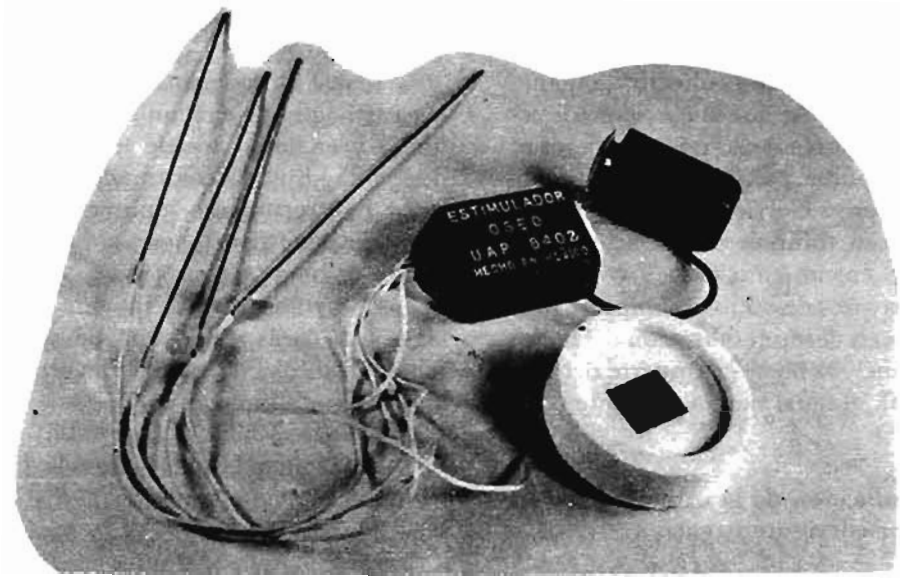


Figura 3. Estimulador óseo de corriente continua, UAP 8402.

do unipolar.) La duración de las baterías es de 32 a 35 semanas.

Una vez curada la fractura se hace una nueva intervención quirúrgica para extraer el dispositivo. Como se puede observar, es una técnica costosa y cruenta para el paciente, y los resultados son similares al método que expondremos a continuación.

Método seminvasivo

Este método fue desarrollado en el Departamento de Semiconductores del ICUAP, elaborando para este fin el Estimulador óseo de corriente directa UAP 8402 (figura 3.)

Se denomina seminvasivo porque a pesar de que el circuito electrónico queda por fuera del paciente, se deben colocar los electrodos dentro del hueso a través de la piel y los músculos.

El paciente previamente debe contar con una buena inmovilización de la fractura, sea con yeso o por de medio osteosíntesis (método quirúrgico para fijar la fractura con clavos, placas atornilladas, tensores externos, etcétera).

Con anestesia local o general, según el paciente y bajo control fluoroscópico directo (figura 4), se colocan percutáneamente con taladro manual o eléctrico, 4 clavos de Kirchsner de 1.2 mm de diámetro y se dirigen hacia el foco de fractura desde cuatro ángulos diferentes (figura 5). Se introducen a los fragmentos óseos aproximadamente 1 cm y posteriormente se aísla eléctricamente, con catéter o forro conductor, toda la porción que no está dentro del hueso.

Los clavos se conectan al circuito electrónico y actúan como cátodos inyectores de corriente, mientras que otro electrodo, el ánodo, se coloca a nivel de la piel —utilizando pasta conductora o solución salina— a una distancia no mayor de 10 cm del foco de fractura (figura 6).

El control postimplantación consiste en:

1. Control clínico semanal del paciente en el cual se debe efectuar el cambio de ubicación del ánodo, previa limpieza de éste y la piel, así como la medición de la corriente que entrega el dispositivo y de la resistencia eléctrica del hueso.

2. Control radiográfico mensual para valorar la evolución estructural de la fractura (figuras 7, 8 y 9).

3. Retiro del estimulador cuando existe formación de callo óseo resistente.

El tiempo promedio de estimulación es de 12 semanas.

El estimulador óseo UAP 8402 cumple con las especificaciones mínimas de un sistema electrónico para aplicar corriente con dicho fin, compuestos, básicamente, de las siguientes partes:

- Cuatro fuentes de ± corriente independiente de cc (corriente contínua), que entregan 20 microamperes + 1, que permiten continuar con el tratamiento si se llegara a desprender algún electrodo del hueso.
- Rango de carga de 0 a 300 kilohmios; nuestro dispositi-

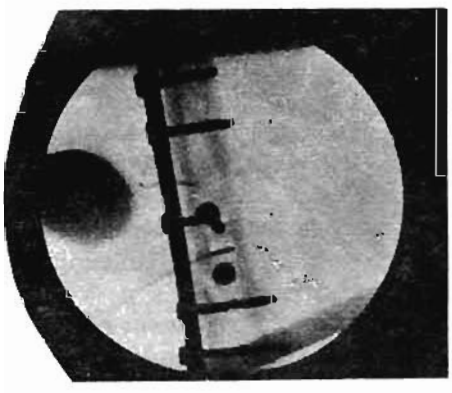


Figura 4. Control fluoroscópico para dirigir los electrodos hacia el foco de fractura.

vo presenta interruptores expuestos en el encapsulado del circuito con dos posiciones: una para regular ante una carga de 0 a 180 kilohmios y otra de 180 a 300 kilohmios para cada fuente.

- Circuito de protección para evitar que la corriente rebase los rangos establecidos de 20 μ A $\pm$ 1, lo que podría provocar desmineralización ósea.
- Alimentación con pilas comunes de 9 voltios con una duración de 3 meses de acuerdo al consumo del circuito diseñado.
- Anodo no metálico (en nuestro caso de carbono) recubierto con hule de silicio de 5 cm de diámetro que permite una adecuada fijación y contiene la pasta conductora.
- Protección al circuito con encapsulado resistente a la humedad, movimientos bruscos y variaciones de temperatura.
- Facilidad para controlar los parámetros eléctricos del dispositivo, así como para medir la resistencia eléctrica del hueso con el fin de evaluar la evolución de la fractura desde un punto de vista eléctrico.

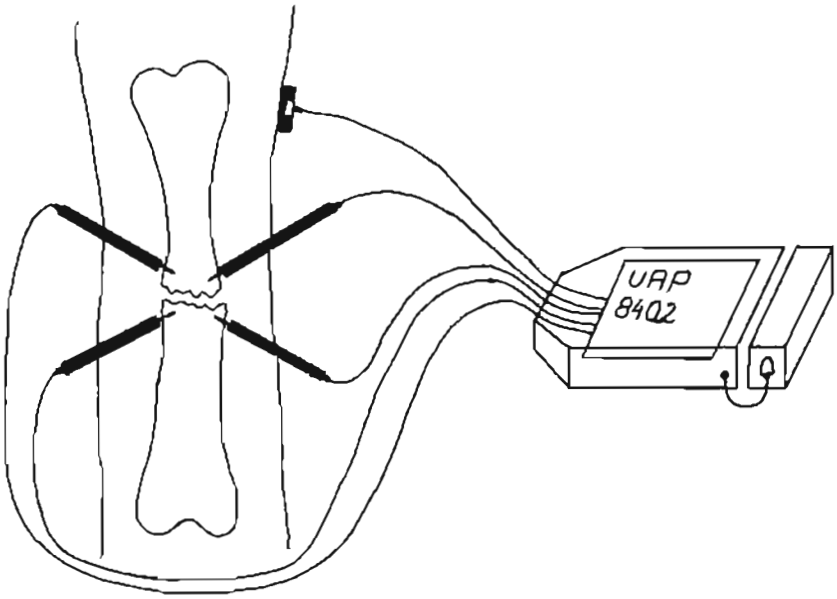


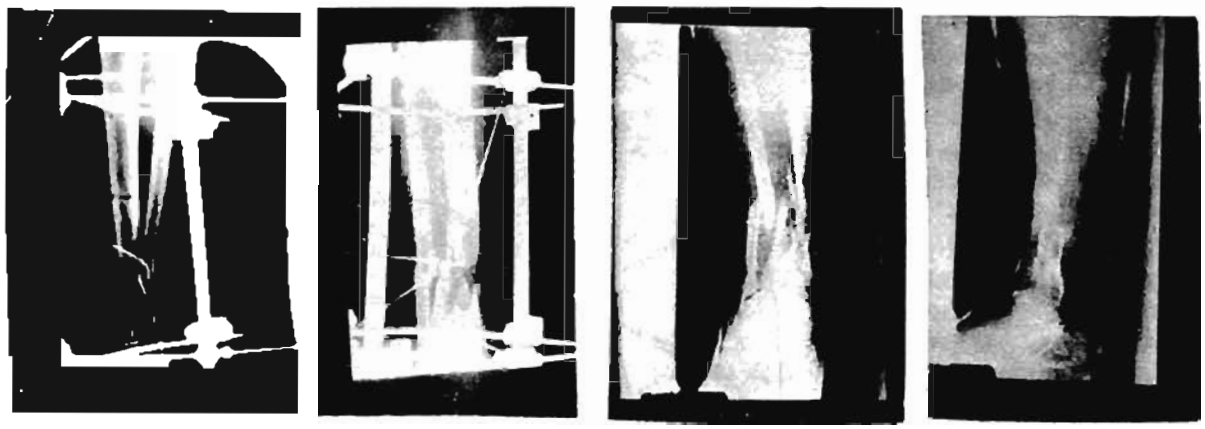
Figura 5. Esquema de la ubicación de los electrodos del Estimulador UAP 8402

Respecto a esto, nos encontramos (como mencionan algunos autores) con que la resistencia eléctrica del hueso aumenta a medida que avanza la estimulación (con excepción de la osteoporosis, hueso desmineralizado, en el cual el proceso es inverso), y esto se debe al crecimiento del hueso alrededor de los electrodos; pero desafortunadamente no es el único factor que lo provoca, ya que también influye la corrosión del ánodo, la polarización (efecto que se presenta por acumulación de cargas opuestas a la del estímulo), el incremento del calor local y otros factores desconocidos.

Ahora bien, en nuestra experiencia con la utilización de este método de estimulación de corriente directa, nos encontramos con algunas dificultades técnicas y complicaciones que algunos investigadores mencionan en sus publicaciones.

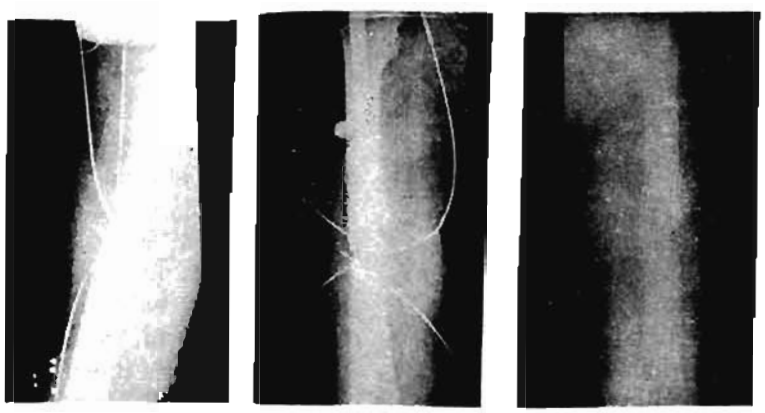
Es necesario un procedimiento quirúrgico para la colocación de los electrodos utilizando anestesia local en la mayoría de los casos y

Figura 6. Aplicación quirúrgica de los electrodos del Estimulador UAP 8402 por el Dr. Domínguez Barranco



(A) (B) (C) (D)

Figura 7. (A) Fractura multifragmentaria de tibia, en una paciente de 44 años con pérdida de hueso, al inicio de la estimulación con el UAP 8402. (B) Al mes se observa el inicio de la calcificación. (C) y (D) Radiografía anteroposterior y lateral a los tres meses, al retirársele el estimulador y el aparato de fijación externa.



(A) (B) (C)

Figura 8. (A) Paciente de 16 años con una pseudoartrosis infectada de fémur al inicio de la estimulación con el UAP 8402. (B) Un mes después se observa calcificación alrededor de los electrodos. C) Se retira el estimulador, observándose una buena consolidación.

general en otros especiales; el estímulo se limita a la punta del electrodo y en algunos pacientes nos encontramos con que a pesar de insertar 4 electrodos, no son suficientes debido a las características del trazo de fractura y por la dificultad para localizarlos con precisión, aun utilizando el intensificador de imagen (fluroscopio: figura 4), además de que se debe evitar que los electrodos se pongan en contacto entre sí, ya que de esta forma duplicaríamos la entrega de corriente con resultados contrarios a los esperados.

En muchos casos los electrodos se desprenden debido a una reacción natural del hueso de rechazo a un cuerpo extraño. Este es un problema difícil de resolver técnicamente; intentamos con clavos de Kirchsner roscado en la punta donde penetra en el hueso, persistiendo el problema, aunque en mucho menor medida.

El riesgo de infección provocada por los electrodos está siempre presente, aunque tomando las medidas adecuadas de esterilización durante la implantación y cuidados posteriores se puede evitar.

En un principio utilizamos el electrodo positivo (ánodo) de metal, el cual provocaba una reacción formando un compuesto ácido inorgánico, ocasionando quemadura química de la piel, por lo cual se debía cambiar de sitio el electrodo cada 48 horas. Con la construcción de un ánodo no metálico, hecho con carbono, desapareció esta complicación, y nos permitió mantenerlo en el mismo sitio por 10 días o más sin provocar reacciones adversas.

Otro posible riesgo es el de la electrólisis (separación iónica de un compuesto en un campo eléctrico) ya que en ocasiones la resistencia eléctrica del hueso aumenta en forma importante, debiendo entregar el circuito electrónico un voltaje mayor, que al menos está por encima del punto de electrólisis del agua.

Las causas que acabamos de exponer nos motivaron a diseñar y construir el siguiente método de estimulación ósea al cual nos referiremos.

Método no invasivo

Estimulador óseo de campo electromagnético (EOCM) UAP 8517 (figura 10). Se estimula eléctricamente mediante corriente inducida por un campo electromagnético pulsante, que atraviesa el hueso en forma perpendicular.

La mayoría de los huesos en deformación presentan pulsos que

varían entre 1 y 1.5 mv/cm de hueso, como ha sido medido con la colocación de sensores de deformación en el hueso vivo. Este conocimiento fue fundamental para la aplicación de estimulación electromagnética, pero no el único, ya que se debía conocer la forma de onda, duración y repetición del pulso.

Posteriormente siguieron investigaciones *in vitro* con distintas formas de onda y variaciones de frecuencia que incluían microondas, radiofrecuencias y bajas frecuencias, llegándose a dos patrones de estímulo efectivos. Uno es un pulso simple, casi rectangular de aproximadamente 300 microsegundos de duración y con una repetición de 72 Hz, el cual provoca la liberación del 25% del Ca^{++} contenido en un cultivo de condrocitos de aves después de 120 minutos de exposición al campo electromagnético, así como también un incremento en el ADN (ácido desoxiribonucleico) y las glicoproteínas.

El segundo consiste en un tren de pulsos de 200 microsegundos de ancho, casi rectangular, durante 5 milisegundos y con una repetición de 10 a 15 Hz, que provoca liberación del 40% del Ca^{++} en un cultivo de condrocitos de aves después de 120 minutos de exposición.

El pulso simple se utiliza clínicamente para el tratamiento de la pseudoartrosis congénita y la osteoporosis; el tren de pulsos para las pseudoartrosis adquiridas en adultos.

El porcentaje de curación supera el 90% y no se han observado efectos adversos.

Técnica y aplicación

Previo a la aplicación de un EOCM, el paciente debe presentar la fractura inmovilizada y con un adecuado alineamiento axial de los extremos óseos.

El principio de la técnica consiste en la inducción de una corriente eléctrica pulsante en el hueso producida por energía magnética externa al paciente. El pulso es aplicado a través de un par de bobinas circulares, las cuales se encuentran paralelas entre sí a ambos lados de la superficie externa del miembro lesionado.

El rango del voltaje inducido en el hueso es crítico, por lo que habrá que seleccionar el diámetro interno de las bobinas —mayor en un 10% a la distancia entre ellas— la cual estará determinada por el diámetro transversal del miembro afectado (figura 11).

La diferencia de potencial inducido en el hueso es de 1 a 1.5 mv/cm y depende de la magnitud de la señal del generador al cual podemos regular.

El sistema consiste en una fuente de alimentación de voltaje variable de 0 a 15 voltios, un generador de pulsos conformado por un oscilador de 0 a 15 voltios, un generador de pulsos conformado por un oscilador que entrega los 2 patrones de estímulos ya mencionados (pulso simple y tren de pulsos) y un generador de campo magnético formado por dos bobinas circulares conectadas entre sí y alimentadas por el generador.

El campo magnético se diseña teóricamente mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{B} = \frac{1.257 \cdot NIM}{l}$$

Siendo N el número de vueltas de la bobina; I la corriente de la bobina; M la permeabilidad del medio, y l la longitud de la bobina.

El voltaje inducido varía ligeramente de paciente a paciente dependiendo del diámetro de las bobinas y de la distancia entre ellas. Cuando la corriente pulsante empieza a fluir en las bobinas, un

Figura 9. (A) Paciente de 70 años con pseudoartrosis de húmero. (B) Al mes y medio se observa un puente óseo alrededor de los electrodos.

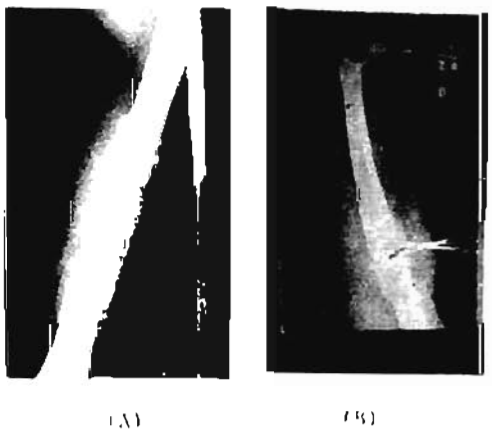


Figura 10. Estimulador óseo de campo electromagnético UAP 8517.

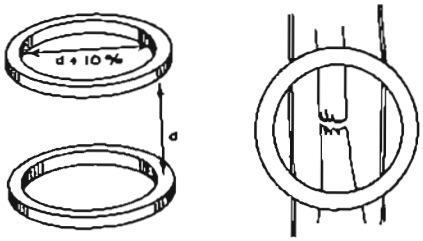


Figura 11. Diámetro de las bobinas y posición de éstas con respecto al trazo de fractura.

campo electromagnético se expande en el espacio; las bobinas se disponen entre sí de forma tal, que el campo magnético generado sea en ángulos rectos respecto a las caras de las bobinas, cruzando ortogonalmente a la dirección del hueso.

Este campo magnético ($\vec{E}$) tiene un promedio de 2 gauss, e induce en el tejido óseo un campo eléctrico ($\vec{E}$) con ángulos rectos a la dirección del campo magnético (figura 12). Como resultado de esto, fluye corriente en el hueso de forma parecida al de un elemento secundario de un transformador eléctrico. Como el voltaje inducido está determinado por el rango de las magnitudes del pulso, éstos se ajustan a que el *potencial pico* en los huesos quede entre 1 y 1.5 mv/cm.

Para medir este *potencial pico* utilizamos una bobina de prueba, la cual queda ortogonal a ambas bobinas que generan el campo; esa bobina tiene las mismas caracte-

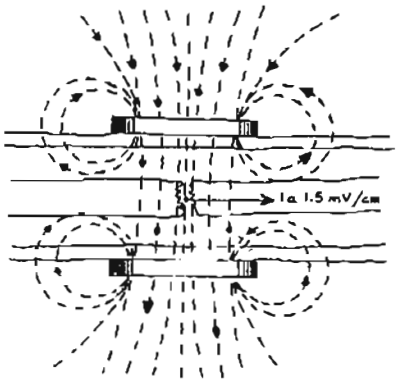


Figura 12. Radiación del campo electromagnético.

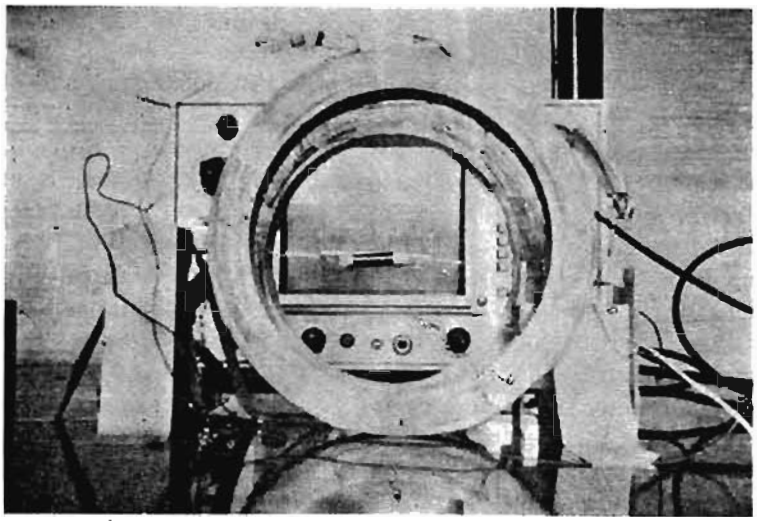


Figura 13. Medición del voltaje inducido.

rísticas y permeabilidad magnética que 1 cm de hueso vivo (figura 13).

La aplicación clínica del EOCM es muy sencilla y totalmente incruenta. Los pacientes pueden administrarse ellos mismos, durante la noche, el tratamiento en casa. El tiempo de estimulación es de 10 a 16 horas diarias por un periodo de 3 a 6 meses según la evolución (figura 14).

Conclusiones

Al igual que en otras especialidades médicas, el traumatólogo y ortopedista cuenta con un instrumento electrónico para el tratamiento de ciertas enfermedades.

Los métodos de estimulación eléctrica para provocar la osteogénesis, a pesar de que han sido ampliamente estudiados y actualmente aplicados en algunos países, en el resto del mundo son poco conocidos. Damos a conocer en este artículo los principios de funcionamiento fisiológico, bioquímico y electrónico de los prototipos UAP 8402 y UAP 8517, los cuales fueron totalmente diseñados y construidos en el Departamento de Semiconductores del

Figura 14. Paciente de 11 años con pseudoartosis congénita de tibia. Se le practicó cirugía con injerto óseo por tercera ocasión y simultáneamente se aplicó el EOCM UAP 8517. Curación en 4 meses.

ICUAP, con componentes de fácil adquisición en el mercado nacional, con el consecuente abatimiento de costos, además de per-

nitirnos avanzar en el logro de una tecnología propia.

Existe un método —poco conocido pero que ya comienza a aplicarse en México— de alargamiento de extremidades que presentan pérdida importante de hueso (infecciones, tumores, etcétera), técnica empleada desde hace muchos años por el maestro Ilizarov.

Entonces se cuenta con dos métodos de gran importancia que se podrían utilizar simultáneamente (con los estudios previos de experimentación correspondiente), lo que abre una nueva perspectiva de tratamiento con alto porcentaje de curación, reduciendo la amputación de extremidades en forma por demás notable.

Es importante destacar que el estimulador óseo de campo electromagnético se puede aplicar sin inconvenientes en fracturas con osteomielitis (infección del hueso) activa supurada, incluso en aquellos pacientes que por presentar esta complicación son candidatos a amputación de la extremidad afectada. En estos casos el porcentaje de curación sigue siendo extraordinariamente elevado. Si a esto agregamos la facilidad de su aplicación, la ausencia de complicaciones y molestias (ya que es totalmente externo y la corriente inducida en el hueso no es percibida de manera subjetiva por el paciente), además de que el aparato puede ser reutilizado tantas veces como se desee, hacen de este método un valioso auxiliar para el tratamiento traumatológico.

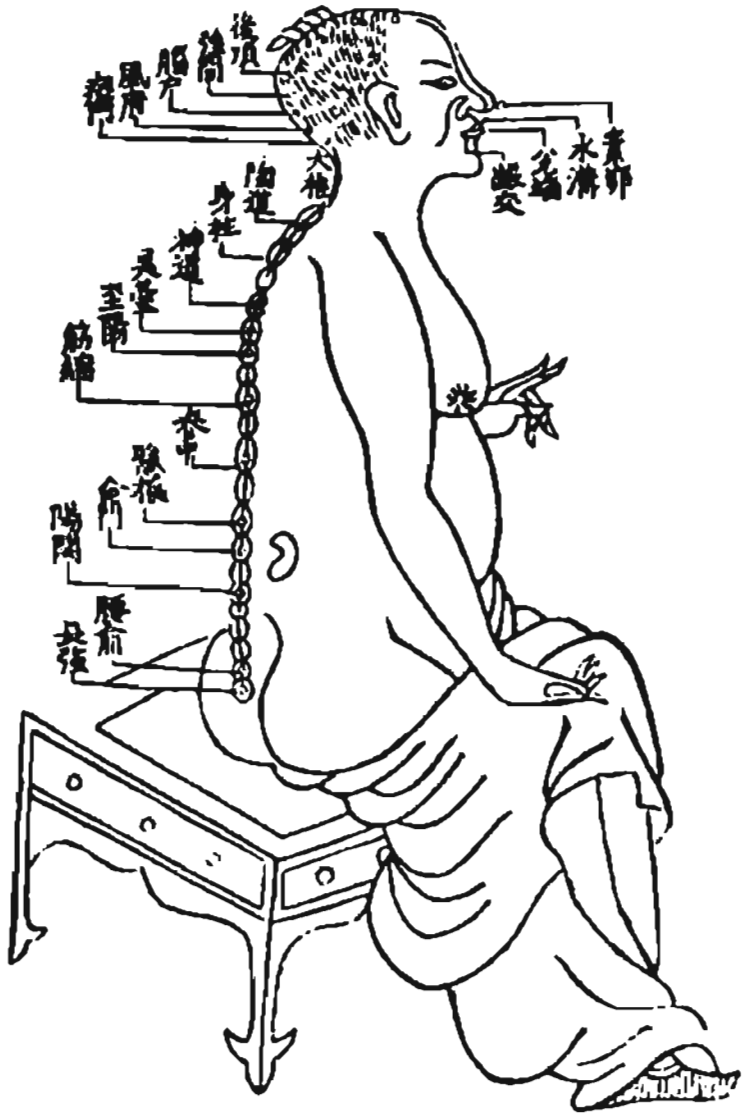
Por último, el manejo clínico experimentado de este dispositivo electrónico, podría llevar a su utilización no sólo en fracturas complicadas, sino también para acortar el tiempo normal de evolución de las fracturas, con el beneficio socio-económico correspondiente, por la disminución del número de horas de incapacidad que provoca.

Bibliografía

1. I. Ysuda, "Clinical orthopaedic and related research", *J. of Kioto Med. Sch.* 4: 395-406, 1953.
2. C. Basset, "Biochemestry and physiology of bone", *Academic Press*, vol. 3, New York, 1971.
3. Z. Friedemberg, "The effect of direct current on bone", *Surg Gynec & Obstet.* 127: 97-102, 1968.
4. G. Brighton, "A multicenter study of the treatment of non-union with constat direct current", *The J. of Bone and Joint Surg.* 63: 1, 1981.
5. L. Méndez Bognnani, M. Calva Sánchez, A. Domínguez Barranco, D. Yt Salgado, S. Alcántara Iniesta, "Sistema para estimulación eléctrica de la regeneración ósea", *Rev. Mex. de Ing. Biomédica*, vol. V, núm. 1, pp. 195-200, sept-dic., 1984.
6. Friedemberg, Roberts, Didizian, Brighton, "Estimulation of fracture healing by direct current in the rabbit fibula", *The Journal of Bone and Joint Surgery*, vol. 53, núm. 7, pp. 1400-1408, oct. 1971.
7 Torben Essing Jorgensen, "The effect of electrical current on the healing time of crural fractures", *Acta Orthop. Scandinav.* 43, pp. 421-437, 1972.
8. F. Lechner, R. Ashcerl, W Uraus, "Treatment of pseudarthroses with electrodynamic potentials of low frequency range", *Clinical Orthopaedica and Related Research*, núm. 161, pp. 71-181, nov.-dic., 1981.
9. Becker, Spadaro, Marino, "Clinical experiences with low intensity direct current stimulation of bone growth", *Clin. Orthop. and Rel. Res.*, núm. 124, pp. 75-83, mayo, 1977
10. G.V.B. Cochran, "Implantation of starin gauges on bone *in vivo*", *J. Biomech.* 5, 1, p. 119, 1972.
11. A. Papaqui Tiro, S. Alcántara Iniesta, L. Méndez Boganannni, "Estimulación eléctrica para la regeneración ósea (EOCM)", *Rev. Mex. de Ing. Biomédica*, 7 (2); pp. 189-194, oct.-dic., 1986.
12. L.S. Basset, G. Tzitzilalakis, C.A.L. Basset, "An improved model for producing rapid disuse osteoporosis in the rat tibia", *Trans. J. Bone JT Surg*, 2, p. 109, 1978.

Acupuntura analgésica: una larga travesía

Luis A. Urgellés Lorié/
Luis Pérez Lozano/
Ramón Fonseca Fernández/
Guillermo Hevia Estrada*



La acupuntura es un viejo método terapéutico desarrollado en China, Vietnam y otros países asiáticos desde hace varios siglos. Este procedimiento consiste en estimular diferentes puntos del cuerpo con agujas (del latín *acus*-aguja; *punctura*-punzada), para obtener efectos terapéuticos deseados.

La estimulación de la aguja puede ser por una simple variedad de métodos, tales como la sola inserción de ésta, la estimulación eléctrica y, modernamente, el ultrasonido, el láser y otros.[1,2,3,4,5,6]

Desde su inicio la efectividad de este método se ha explicado fundamentalmente a través de resultados prácticos, acumulando importante saber empírico acerca de la acción curativa de las agujas, conocimientos que hasta hoy no ha perdido valor. Actualmente se utiliza en una amplia variedad de patologías en el hombre y animales, desarrollándose también para analgesia en diferentes operaciones.[1,2,3,4,7,8,9,10,11] Nuestro objetivo es exponer suscintamente el desarrollo histórico de la acupuntura analgésica.**

Una larga travesía

Probablemente el conocimiento de

* Instituto Nacional de Oncología. Calle 29 y E, Vedado, Habana, 4, Cuba.

** Ver, de Luis A. Urgellés Lorié, "La acupuntura como método analgésico y su utilización en oncología", *Elementos* núm. 8, julio-septiembre de 1986. (N. del E.)

elementos, núm. 13, año 4, vol. 3; impreso en México.

la acupuntura sea anterior a la edad de piedra.[1,4,5] El hombre, al confeccionar sus primeros instrumentos de piedra para satisfacer las necesidades de la producción, comenzó a utilizar primitivos cuchillos y otros instrumentos afilados para tratar el dolor y algunas enfermedades. Estos utensilios fueron conocidos en la antigüedad como *bian*.[1]

En la Dinastía Hang, alrededor del año 200 a.n.e., existió un manuscrito donde se explicaba el uso de *bian* de piedras para el tratamiento de enfermedades; éste, quizá representa el método de acupuntura más primitivo.[1,4] Con el continuo desarrollo de la producción, el *bian* de piedra fue sustituido por agujas hechas de bambú o hueso. En la Dinastía Shang (siglo II a.C.) se desarrolla la edad de bronce y comienzan a fabricarse agujas de este metal, uso que marcó un significativo desarrollo en el tratamiento por acupuntura.

En la medicina china existió el tratado de Huangdi Nei Jing (200 años a.n.e.) que constituye lo que se considera como un precepto en la práctica médica de la época, compilado en el periodo de las guerras. Una buena parte del libro discute los aspectos filosóficos y patológicos de los puntos de acupuntura, así como indicación y contraindicación de la misma.[1,4,5,7,9]

Por estos mismos años aparece el libro *Prescripción para urgencias*, en el que se establecen y nombran los diferentes puntos de acupuntura, así como los canales y su localización exacta, material que contribuyó a la promoción y desarrollo de la acupuntura, por lo que se le considera un clásico de la misma.[1]

En esta época se conocen nueve tipos de agujas para el tratamiento y su uso en la práctica clínica (foto 1). Posterior al libro citado, aparece un manual ilustrado de los puntos de acupuntura sobre la figura de bronce. Este fue utilizado en la enseñanza y esclareció muchas dudas que existían hasta el momento. En la Dinastía Ming (1368 al 1644 d.c.) el médico Yang Chi-Chou[1] resumió y compendió gran cantidad de trabajos existentes hasta el momento sobre acupuntura. En esta época se confeccionan tres figuras de bronce para el estudio de esta ciencia (foto 2).

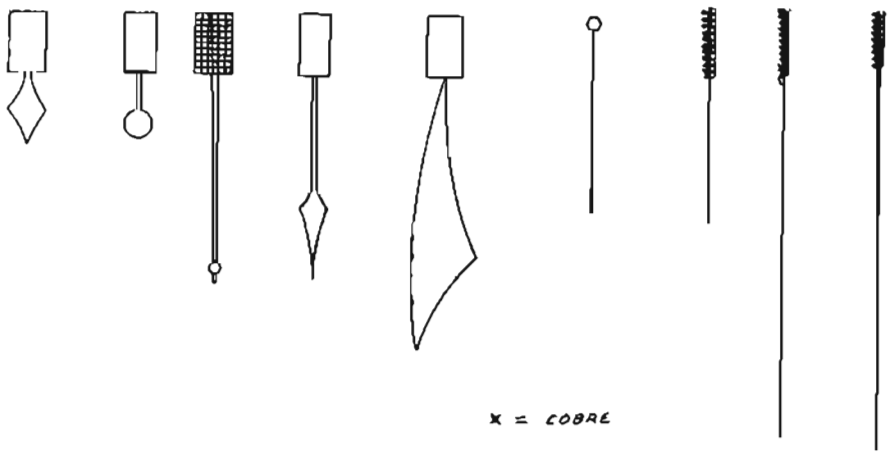
Los soberanos de la Dinastía Ching (1644 al 1911 d.c.) desprecian el tratamiento por acupuntura y establecen un Decreto amonestando su práctica; pero la amplia aceptación del método por las masas populares hizo que la acupuntura se introdujera en otros países. Así vemos como llega a Alemania en 1683 (Dr. Willen Ten Rhyne), mismo año en el que se publica en Francia el libro *La medicina china*.[1] Las trabas para el desarrollo de la acupuntura se extienden hasta 1949.

Después de este año, se elimina el boicot existente contra la misma y se crean varios institutos de investigación sobre la acupuntura en Pekin y otras regiones de China. En 1958, cuando se combinan la medicina china y la occidental, se desarrolla la analgesia por acupuntura, marcando un gran avance en la ciencia.

Contra el dolor

Desde su comienzo se supuso que la acupuntura entre otros efectos terapéuticos, tenía dos fundamentales: el primero, analgésico, y el segundo, regulador de la energía.[1,2,3,5,7,12,13] El primero se refiere a la propiedad que tiene la acupuntura de disminuir la sensibilidad al dolor. De ahí el término analgésico. El segundo, apunta la propiedad de la técnica para restablecer la salud al hombre afectado de diferentes enfermedades que, según los chinos, se producen por desequilibrio de la energía (Yang-Yin): la salud sería el equilibrio armónico de estas dos fuerzas.

La Acupuntura analgésica para operaciones quirúrgicas comienza a desarrollarse en 1958, en China.



Desde ese año los médicos de la Facultad de Otorrinolaringología de Shangai comenzaron a desarrollar este método, luego de que un paciente amigdalectomizado llegó a consulta por presentar mucho dolor y dificultad para ingerir alimen-

tos. El médico que atendió al paciente realizó la acupuntura (puntos 4 IG y 44 E) y observó que el paciente no presentó más dolor.[12]

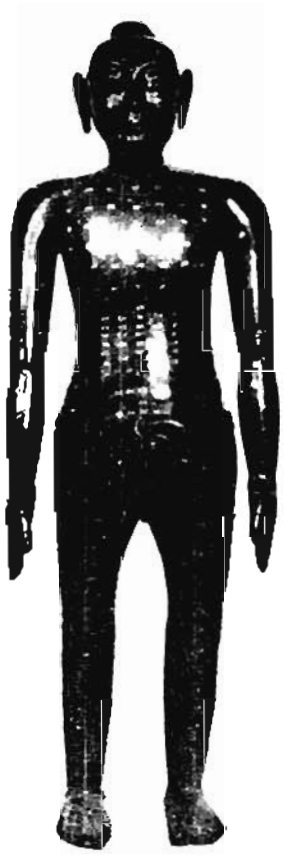
Después de este caso los médicos pensaron que el proceso fue el siguiente:

operación—dolor—acupuntura—no dolor
por lo que sugieren la siguiente hipótesis:
acupuntura—no dolor—operación

Repitiendo la misma experiencia en sujetos sanos, personal de la misma Facultad, se comprobó en más de 100 casos, disminución de la sensibilidad dolorosa en los pilares, amígdalas y faringe, así como también disminución del reflejo nauseoso. En un gran porcentaje desapareció totalmente la sensibilidad. Ante este hallazgo, algunos médicos se prestaron para experimentar las primeras amigdalectomías en sus propias personas. En 1959, en los hospitales antituberculosos de las provincias chinas Liu Zhou Guang Xi y Shangai, se realizaron las primeras toracotomías (lobectomía y neumectomía) con éxito. En 1965 en China se comenzó a utilizar la acupuntura analgésica en casi todas las operaciones y hasta ese año se registraron 10 mil casos. Entre 1965 y 1970, durante la Revolución Cultural, se consideró que la acupuntura debía llevarse hasta el campo con el propósito de desarrollar la medicina. Esta intención, aunque en principio no era dirigida al desarrollo de la acupuntura, la favoreció y ya entre 1969-1971 había 40 000 casos operados.

De oriente a occidente

En 1970 confeccionaron equipos de estimulación eléctrica (anteriormente la estimulación era manual) lo que permitió atender un mayor número de casos. En 1979 la Organización Mundial de la Salud informó que el 20% de las operaciones en China se realizaron con acupuntura analgésica, incluyendo a niños y viejos.[12]



En Vietnam la acupuntura analgésica aparece en 1969, cuando el profesor Hoang Dinh Can realizó las primeras toracotomías (lobectomía y neumectomía). Posteriormente se desarrolla este método en casi todas las operaciones realizadas, excepto las del corazón y las realizadas en niños.

Durante la guerra se realizaron muchas operaciones, por lo que Vietnam ocupa el segundo lugar en el mundo en el desarrollo de la acupuntura analgésica.

En 1971 China abre sus puertas a Occidente. En ocasión del viaje del presidente de EU a China, el corresponsal James Reston es tratado de los dolores post-operatorios de una apendicectomía.[12] Este corresponsal al ver que sus dolores desaparecieron concurrió a varias operaciones que se efectuaron con analgesia por acupuntura. Posteriormente, escribe un artículo periodístico que provoca la atención de científicos norteamericanos en esta rama.

Por otra parte, en Europa hay controversias, ya que al ver que tanto los médicos como los pacientes leían libros de Mao antes de la operación, se consideró un método religioso. Las discusiones duraron casi un año, divididas en dos grupos: aquellos que consideraban a la acupuntura como un método psicológico y los que la aceptaban como un método analgésico.

Posteriormente, 1977-1979, un grupo de médicos chinos realizan una gira por Europa y dicen que la acupuntura es un método psicológico, provocando otra discusión, sobre todo en Francia. En 1979, el profesor vietnamita Thay Tu llevó a cabo más de 30 operaciones con analgesia por acupuntura en Francia. Estos resultados ayudaron a promover su utilidad para realizar diferentes operaciones.

Actualmente ya se practica la acupuntura para ese fin en Alemania, Francia y otros países europeos. En los países socialistas se introduce en la década del 70. Checoslovaquia, Hungría, URSS, Rumanía, Bulgaria y otros países desarrollan este método.

En Cuba, la primera operación con éste método fue realizada por el Dr. Mendoza y colaboradores en 1977.[13] Se trató, también, de una amigdalectomía con resultados exitosos. En 1982, la presencia de los doctores vietnamitas Tran Thuy y La Quang Nhiep,[15] quienes realizaron más de 50 operaciones, y la visita posterior del profesor Hoang Bao Chau, director del Instituto de Medicina Tradicional de Hanoi y el Dr. Bui Quang Hien, en 1984,

provoca en Cuba el máximo desarrollo del uso analgésico de las agujas, ya que un gran número de médicos de diferentes especialidades pudieron intercambiar conocimientos con tan prestigiados profesores.

Una definición, una respuesta clara

La analgesia por acupuntura es el método que, por medio de agujas, produce una estimulación (mecánica o eléctrica) en diferentes puntos del cuerpo, provocando un aumento del umbral del dolor y ayuda al paciente a soportar diversos tipos de intervención quirúrgica (foto 3).

Según el Instituto de Medicina de Pekín el aumento del umbral del dolor es de aproximadamente un 65% a 95% con respecto al umbral original.[12]

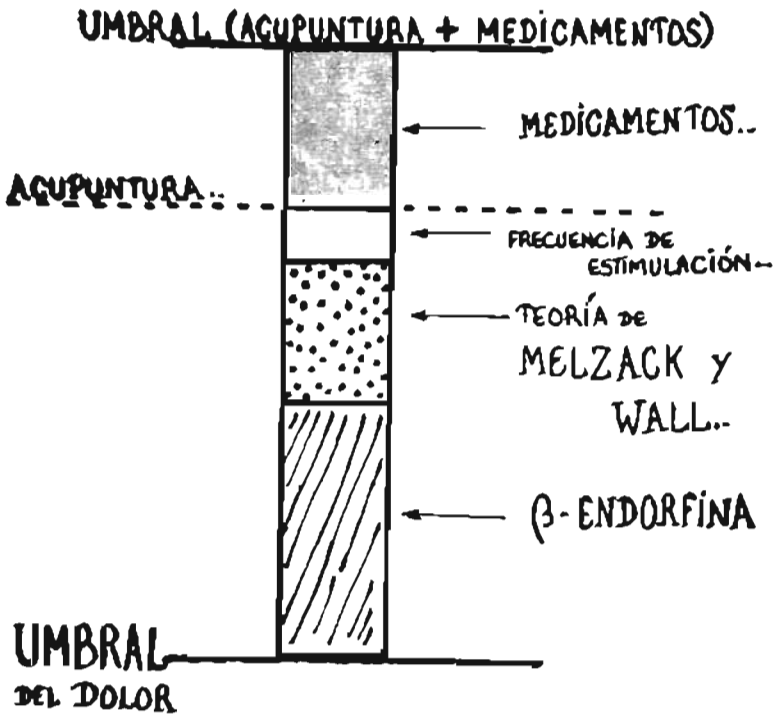
Una característica de este procedimiento es que se mantienen otras funciones fisiológicas como la temperatura, la presión, la vibración, etcétera, sin pérdida de la conciencia.

En las operaciones mayores se necesitan medicamentos para el preoperatorio, tales como ansiolíticos, hipnoanalgésicos, y otros que contribuyen a disminuir los efectos psicológicos, y por consiguiente, ayudan al aumento del umbral del dolor.

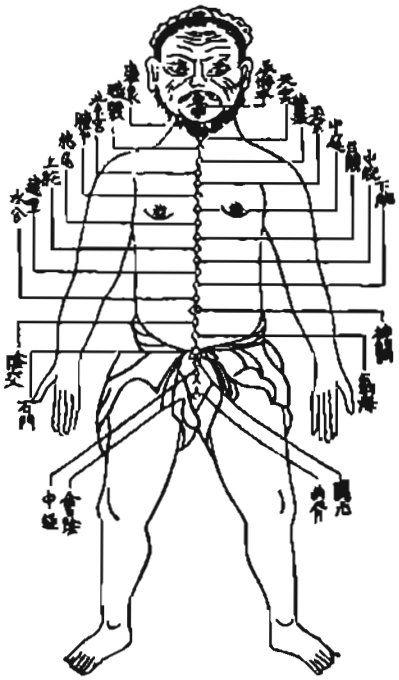
Sin embargo, hasta la primera mitad de los años 70 los médicos chinos no habían podido ofrecer una respuesta clara sobre los mecanismos de la acupuntura analgésica que pudiera ser aceptada por los médicos occidentales.

A pesar de conocerse la teorías de Melzack[16,17,18] sobre la transmisión del dolor ("puerta de control"), que pudiera explicar el mecanismo de la acupuntura desde el punto de vista nervioso, se sospechaba un mecanismo humoral. En este sentido los médicos chinos pensaron que algunas sustancias como la serotina, acetilcolina, atropina, estaban involucradas en el mecanismo de la acupuntura, pero no tenían resultados que les permitieran dar respuesta concreta.

En 1975 se aísla una sustancia



con actividad superior a la morfina.[19] Años después, se demuestra que la sustancia involucrada en el mecanismo humoral de la acupuntura es la beta-endorfina.[20,21] Aunque varios investigadores han estudiado otras sustancias, se ha llegado al consenso de que aquella es la máxima responsable en el mecanismo humoral.[22,23] En este sentido, diferentes autores[8,9,12] han demostrado analgesia en una amplia zona del cuerpo, independientemente de los puntos utilizados, lo que apoya la participación de tal sustancia en el mecanismo general de la acupuntura. En el mismo sentido, se ha relacionado la frecuencia de estimulación con el incremento en la concentración de endorfina, considerándose que a baja frecuencia se mantiene por más tiempo un mayor nivel de analgesia.[24]



Otra manera de explicar, en gran parte, el mecanismo analgésico de la acupuntura, sería la comparación con operaciones mayores, en los que se administran algunos medicamentos como el diazepan, cloropromazina, demerol[3,7,8,12,15] que contribuyen a incrementar el umbral del dolor (foto 4).

Finalmente, debemos señalar que la acupuntura no es eficaz en el 100% de los casos, dado que hasta en los países con mayor desarrollo en este método (China y Vietnam) reportan entre 90% y 92% de efectividad.[12]

Al difundirse este método, algunos países han introducido la acupuntura en su programa nacional de salud.[25] Por nuestra parte, consideramos de utilidad este método por cuanto, además de ser un procedimiento económico y de poco riesgo para el paciente, su investigación resulta de interés para varias especialidades, ayudando al desarrollo de nuestra ciencia médica.

Bibliografía

1. The Academy of Traditional Chinese Medicine, *An Autline of Chinese Acupunture,* Pekin, 1975.
2. P.A.M. Rogers, "British Veterinary Acupunture-Quo Vadis" *Acupunture Research Quaterly* 5 (3) 1981, 133-136.
3. Alvares Simo E, *Tratado de acupuntura.* Ed. Maisonneauve, Francia, 1973.
4. S. Hay Hoe, "Why nor Reconsider Acupunture", *J. of the College of General Practitioners,* 31, 1981, pág. 624.
5. M. Dana Ullman, "Conceptualising energetic medicine. A beginning". *American J. of Acupunture* 9 (3) 1981, 262-264.
6. M. Majic *et al,* "Air-and water- Jet Stimulation of Acupunture Points" *Acupunture and Electro-Therapeut, Rev. Int. J.* 4, 1979, 17-21.
7. P. Miu De Liebenthal, *Manual de acupuntura,* El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, 1979.
8. L. Urgellés, *et al,* "La acupuntura en cirugía experimental: Una experiencia en perro". *Rev. Cub. Cir.* 23 (5), 438-444, 1984.
9. K. Ohund *et al,* "Studies on electroacupunture analgesia (EAA) in the dog". *Jap, J. Vet. Anesthesiology* 6, 1975, 15-17.
10. L.A. Urgellés Lorié, J.R. Rodríguez Machado y N. Verdecia Ramos, "Analgesia por acupuntura en el tratamiento por radium intracavitario en el cáncer del útero", *Rev. Cub. Oncol.* 1 (3), 1985, 263-270.
11. L.A. Urgellés Lorié, "La acupuntura como método analgésico y su utilización en oncología", Elementos, revista de ciencias exactas, naturales y aplicadas, (8), 1986, 19-24.
12. H.B. Chau, *Curso de acupuntura analgésica,* Hanoi, Vietnam, 1982.
13. Floreal Carballo, *Acupúntura china y Moxibustión,* Colegio Médico Nacional, La Habana, 1962.
14. C. Mendoza *et al, Amigdalectomía realizada con analgesia por acupuntura,* Hospital M. Fajardo, La Habana, 1977.
15. T. Thuy y L.Q. Nhiep, *Curso de acupuntura analgésica,* Cuba, 1982.
16. R. Melzack and P. Wall, "Pain mecanism: a New Theory", *Science* (150), 1965, 971-979.
17. R. Melzac, *The Puzzle of Pain,* Penguin Modern Psychology, Penguin Harmondsworth, 1973.
18. R. Melzac, D.M. Stillwell, E.J. Fox, "Trigger points and Acupunture point for pain: correlations and implications", *Pain* (3), 1977, 3-23.
19. J. Hughes, *et al,* "Identification of two related pentapeptides from the brain with potent opiate agonisty activity", *Nature* (258) 1975, 577-579.
20. B. Pommeranz, brain's opiates at work in acupunture" *New Scien* (73), 1975, 12-13.
21. B. Pommeranz, D. Chin, "Naloxone Blockade of Acupunture Analgesia: Endorphin Implicated", *Life Sciences,* (19), 1976, 1757-1762.
22. R.S. Cheng, B. Pommeranz, "Electroacupunture analgesia could be mediated by at least two pain-relieving mechanisms: endorpin and non-endorpin systems", Life Sciences (25), 1979, 1927-1962.
23. E. Malizia *et al,* "Electroacupunture and peripheral -endorphin and ACTH levels", *Lancet* (2), 1979, 535-536.
24. L.Q. Nhiep, *Curso de acupuntura analgésica,* Hanoi, Vietnam, 1982.
25. "Use of Acupuncture in modern health care", *Who chonicle* (34), 1980, 294-301.

Radiactividad

María del Pilar Trujillo García**

Hoy en día la radiactividad ocupa un gran campo en la investigación científica y tecnológica, ya que ha ayudado a ampliar los conocimientos acerca de los fenómenos y procesos tanto físicos como químicos.

La mayoría de los fenómenos que se verifican en la naturaleza, y los procesos artificiales que se realizan en los laboratorios y en la industria, están basados en el movimiento de los átomos y de las moléculas; y en la combinación química de estos para formar nuevos compuestos.

Antes de que se descubriera la radiactividad se afirmaba que el átomo, la partícula más pequeña de materia, era por definición indivisible e indestructible; pero con el concepto de radiactividad nació una ciencia nueva: *la física atómica.*

Por ello el objetivo de mi trabajo es seguir el curso histórico del descubrimiento de la radiactividad, ya que ha contribuido a demostrar definitivamente la existencia de los átomos y al mismo tiempo la complejidad de su estructura.

La historia de la química me parece importante: a través de ella podemos observar los obtáculos que se presentaron en el avance de la ciencia, y con esto darnos cuenta que el camino científico es largo y difícil; pero los pequeños logros se van acumulando hasta formular un descubrimiento en beneficio de la humanidad.

Descubrimiento de la radiactividad

Los descubrimentos de los años que cerraron el siglo XIX, tuvieron no sólo un efecto profundo sobre el progreso y el pensamiento científico en la primera mitad del siglo XX, crearon una nueva norma para el poder político internacional, e incluso para la vida misma.

Estos descubrimientos fueron los siguientes: el de los rayos X, por Röntgen, en 1895; el de la radiacti-

* Este tesina histórica se realizó durante el segundo semestre de la Maestría en Química, del Depto. de Química del ICUAP; bajo la supervisión del Dr. Luis Rivera Terrazas, actual Coordinador del Departamento de Física del Estado Sólido del ICUAP.

** Departamento de Química, Instituto de Ciencias, UAP.

vidad, por Becquerel, en 1896; la postulación de la naturaleza corpuscular de los rayos catódicos, por J. J. Thomson, en 1897; y la introducción del concepto fundamental del "cuanto", por Planck, en 1900. Así, en el breve lapso de cinco emocionantes años se sentaron algunos fundamentos de gran importancia de la *era nuclear,* en cuyo umbral se encuentra actualmente el mundo.

La radiactividad fue descubierta como consecuencia directa de los rayos X, o rayos Röntgen. Estos rayos habían sido producidos por un tubo de descarga por la acción de los rayos catódicos que incidían sobre la pared de vidrio del tubo; la producción de rayos X iba acompañada de fuerte luminiscencia del vidrio y se especuló muchísimo sobre si esta luminiscencia o fluorescencia podría estar asociada necesariamente a la producción de rayos X.

Esta posibilidad condujo a una intensa investigación sobre la emisión de rayos X por sustancias que se volvían fluorescentes o fosforecentes por la luz visible.

En el curso de estas investigaciones, el físico francés Antoine Henri Becquerel experimentó con un sulfato doble de uranio y potasio, una sustancia cuya fosforecencia había sido investigada por él y su padre, Alexandre Edmond Becquerel. Así, los primeros atisbos de la desintegración de sustancias al parecer sólidas, o sea del fenómeno llamado *radiactividad* los tuvo Becquerel en 1896.

Becquerel escribió acerca de las radiaciones de uranio una monografía intitulada "Sur les radiation emises par phosphorescence", en *Comptes Rendus* (vol. XVII, p. 420, 1896).[1]

Con cristales de sulfato doble de uranio y potasio, en forma de cáscara translúcida, hizo lo siguiente: envolvió una placa fotográfica Lumiere con emulsión bromizada en dos hojas de papel negro y grueso, de modo que la placa no se empañara al exponerla al sol durante un día. Puso encima del papel una capa de sal de uranio y lo dejó todo expuesto al sol varias horas; al revelar la placa fotográfica se veía la silueta de sal de uranio sobre el negativo. Al colocar entre el papel y la sal una moneda, o una placa metálica con un dibujo, la imagen de éstos objetos aparecía en el negativo.

Los mismos experimentos pueden hacerse con una lámima de vidrio delgada, puesta entre el papel y la sal de uranio; lo cual excluye la posibilidad de una acción química producida por vapores que emanasen de ella al calentarse con los rayos solares.

De estos experimentos dedujo que las radiaciones penetran al papel que es opaco a la luz y reducen las sales de plata.

Insistió de manera especial en el hecho siguiente: los mismos cristales de la sal de uranio colocados en las mismas condiciones, pero protegidos de la excitación de los rayos incidentes, y guardados en la oscuridad producen los mismos efectos fotográficos. Es importante advertir entonces que, según parece, este fenómeno no debe atribuirse a la radiación luminosa por fosforescencia, puesto que al cabo de un centésimo de segundo estas radiaciones se hacen tan tenues que son casi imperceptibles.[2]

A estas radiaciones se les llamó *rayos becquerel.* en honor a su descubridor, y posteriormente al fenómeno que las produce se le llamó *radiactividad.*

También demostró que, al igual que los rayos X las nuevas radiaciones poseían la propiedad de descargar cuerpos electrizados; esta propiedad fue, y sigue siendo, la base de la mayoría de los métodos de detección de radiación.

Finalmente, Becquerel guardó un trozo de uranio durante varios años en la oscuridad, y pudo demostrar que al cabo de ese tiempo su acción sobre la placa fotográfica no se había alterado. Con esto demostró que las radiaciones de uranio ocurrían independientemente del fenómeno de luminiscencia.

Aparte del descubrimiento de la radiactividad en sí, una de las contribuciones más importantes de Becquerel fue la de demostrar que las radiaciones de uranio producen la descarga de un cuerpo electrizado en el aire; además usó la forma elemental del electroscopio, ideado por Dragomir Hurmuzesen, para hacer medidas semicuantitativas de la intensidad radiactiva. Este método es mucho más rápido y cómodo que el de observar el efecto de la placa fotográfica.

Numerosos científicos se dedicaron al estudio de las radiaciones descubiertas por Becquerel. Especialmente fructíferos fueron los trabajos realizados dos años después por María Sklodowska-Curie y su esposo Pierre Curie, quienes establecieron que los rayos Becquerel eran emitidos exclusivamente por sustancias que contenían uranio o torio.

María Curie dirigió su atención a la posibilidad de la existencia de otros elementos radiactivos, examinó muchos compuestos por el método de medicina eléctrica, en conjunción con el fenómeno de piezoelectricidad, que había sido descubierto por los hermanos Jackes y Pierre Curie. El aparato consistía en

[1] La traducción inglesa está tomada de *A Source book in physics,* editado por William Francis Magie; Nueva York y Londres: Mc Graw-Hill Book Company, 1935.

[2] Del libro *Autobiografía de la ciencia,* de Forest Ray Moulton y Justus J. Schifferes, traducción de Francisco A. Delpiane.

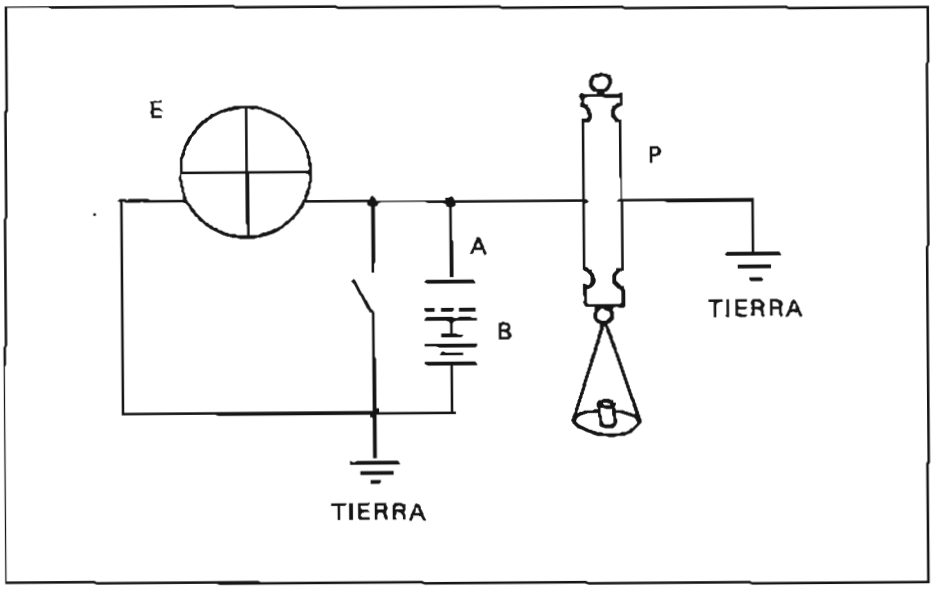


Figura 1

un condensador de placas paralelas AB (ver figura núm. 1); en la placa inferior se colocaba la sustancia objeto de ensayo, en forma de una capa de polvo, cuyo espesor era de 0.25 a 6.0 mm. El diámetro de cada placa era de 8 cm, y la distancia entre ellas era de 3 cm. La placa inferior B, estaba conectada a uno de los polos de la fuente de potencial, y el otro a tiera.

La placa A estaba colocada entre un par de placas de un electrómetro de cuadrante y conectada a un electrodo de un cristal piezoeléctrico de cuarzo, su otro electrodo estaba conectado a tierra.

Bajo la acción de las radiaciones, se ionizaba el aire entre las placas A y B, volviéndose al fluir entre las placas una corriente de 10^{-11} amperios. Así, un par de cuadrantes del electrómetro, E adquiría un potencial eléctrico, el cual a su vez, causaba la desviación de la aguja del electrómetro.

Al aplicar pesas al cristal piezoeléctrico, se desarrollaba un potencial de compensación que neutralizaba al potencial debido a la corriente que fluía por el condensador, y así podría reducirse a cero la desviación del electrómetro. En estas condiciones, la mesa agregada en un tiempo dado era la medida de la corriente que fluía por el condensador como consecuencia de haberse vuelto conductor del aire por acción de las radiaciones. Al comienzo de cada medida se conectaban a tierra tanto la placa A como el par de cuadrantes conectados a ella; por medio del interruptor K. Al aumentar el voltaje sobre la placa B, la corriente llega a un valor límite, llamado corriente de saturación que es una medida relativa aproximada de la intensidad radiactiva de la capa de sustancia sobre la placa B.

Con este método eléctrico, María Curie examinó muchos compuestos químicos y gran número de rocas y minerales para ver si otros elementos exhibían el mismo fenómeno de radiactividad hallado en el uranio. Como resultado de estos experimentos, halló que el torio era el único elemento que poseía una radiactividad del mismo grado que la del uranio; resultado al cual había llegado independientemente G. G. Schmith, quién lo había publicado unas semanas antes.

María Curie mostró también que la radiactividad de los compuestos de uranio y de torio eran proporcional a las cantidades de estos elementos presentes en ellos y, como se había demostrado que era independiente del estado físico o de la descomposición química, llegó a la conclusión de que se trataba de un fenómeno atómico.

También halló que algunos minerales, en especial pechblenda, calcolita, autinita y carnotita, eran más radiactivos que el propio uranio puro. Así, las medidas con estas sustancias daban las siguientes corrientes, en unidades de 10^{-11} amperios, a través del condensador AB.

Uranio	2.3
Pechblenda	1.6 a 8.3
Calcolita	5.2
Autinita	2.7
Carnotita	6.2

Entonces surgió la pregunta: si la radiactividad era un fenómeno atómico, ¿cómo era posible que minerales que contenían uranio y quizá indicios de torio

fueran más radiactivos que el propio uranio puro? Para confirmar este punto, María Curie preparó cristales de calcolita artificial (que es un fosfato doble de uranio y cobre, conocido también como tobernita) que exhibió una radiactividad normal conforme a su composición; esto es, dos veces y media menor que la del uranio y llegó a la conclusión de que esos minerales debían contener indicios de un elemento radiactivo muchas veces más activo que el propio uranio. Los esposos Curie se impusieron la tarea de aislar este elemento hipotético, del cual no se conocía otra propiedad que su radiactividad. Sus métodos químicos se complementaron con la observación de la radiactividad y su investigación fue, en cierto modo, la primera aplicación de las técnicas de radioquímica.

Descubrimiento del radio

Durante las investigaciones que hicieron los esposos Curie observaron la radiactividad de un compuesto que era sometido a descomposición química; determinaron las radiactividades de todos sus productos y pudieron seguir las sustancias radiactivas a través de todas las etapas del proceso químico.

Casualmente descubrieron dos nuevos elementos radiactivos, de los cuales uno era químicamente similar al bismuto y lo llamaron polonio, en honor de Polonia (patria natal de María Curie); el otro era químicamente similar al bario, y se separaba con él; lo habían descubierto en colaboración con G. Bemont y lo llamaron radio.

En 1898, publicaron sus resultados, donde comentaban que cuando se colocaba polonio o radio cerca de una sal luminiscente, la volvían fluorescente. Era importante, entonces, tener la seguridad de que sus actividades se pudieran identificar como debidas a nuevos elementos; esto resultó difícil para el polonio, pero por cristalizaciones fraccionadas repetidas llegó a concentrarse finalmente cloruro de radio, que es menos soluble que el cloruro de bario.

Finalmente, en colaboración con A. Debierne y, con la ayuda de una donación que le hizo el gobierno austríaco de una tonelada de residuos de pechblenda, de Joachimstal, María Curie pudo separar unos 8 kg de cloruro de bario y radio, con una actividad de 60 veces la del uranio metálico. Al separar la pechblenda en fracciones para determinar su actividad, aisló una fracción de sulfuro de bismuto que era mucho más activo que el uranio; puesto que el sulfuro de bismuto puro no es radiactivo, supuso que un elemento de gran radiactividad y propiedades químicas análogas a las del bismuto estaba presente como impureza; así descubrió el polonio.

Por último, trabajando con sólo alrededor de 0.1 gr de cloruro de radio, en el que Demarcay había demostrado espectroscópicamente ligeros indicios de bario, María Curie determinó el peso atómico del radio que resultó ser de 225. Actualmente el valor aceptado es de 226.5 determinado por O. Honigschmidt en 1934.

En 1903 fue otorgado el Premio Nobel de Física a los esposos Pierre y María Curie y al físico Henri Becquerel.

En 1911, le fue otorgado el Premio Nobel de Química a María Curie por haber aislado el radio. Murió en 1934, como resultado de la prolongada exposición a las radiaciones del elemento que había logrado aislar.

El radio se extrae de diferentes materiales, por ejemplo, de la pechblenda de Bohemia, la carnotita

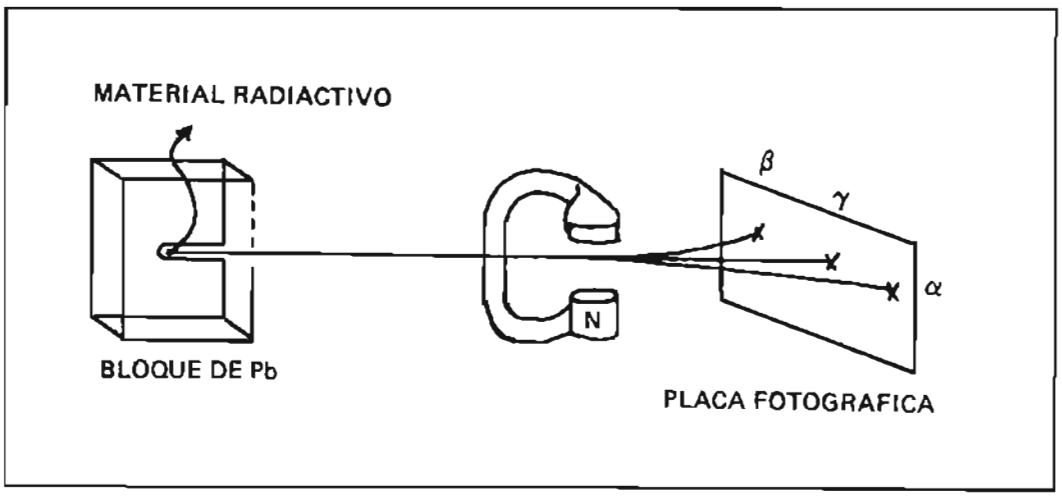


Figura 2

de Colorado y, la autinita de Portugal.

El radio emite radiaciones semejantes a las del uranio; pero son de mayor intensidad y desprenden calor espontánea y permanentemente.

Hacia 1904 ya se habían descubierto más elementos radiactivos naturales, principalmente por los trabajos del físico neozelandés Ernest Rutherford y las investigaciones de Frederick Soddy.

Partículas *alfa, beta* y *gamma*

Becquerel continuó estudiando las propiedades de la nueva radiación y, aprovechando las preparaciones de los esposos Curie, en 1899 demostró que las radiaciones del radio pueden ser desviadas por un imán. También en ese año E. Rutherford, que trabajaba en el Cavendish Laboratory de Cambridge bajo la dirección de J. J. Thomson, dio a conocer que la radiación de uranio es, por lo menos, de dos tipos: alfa (α) y beta (β). Posteriormente un investigador francés, P Villard, encontró una tercera clase de radiación llamada gamma (γ).

El aparato que sirvio para mostrar la presencia de éstas tres radiaciones se indica en la figura 2.

Los rayos colimados al pasar por un estrecho orificio de un bloque de plomo atraviesan un campo magnético intenso, con lo cual son desviados de manera diferente, demostrando con esto que se tienen cargas eléctricas distintas.

Así se encontró que las radiaciones alfa están cargadas positivamente; posteriormente, Rutherford demostró que son partículas positivas de átomos de helio y que se mueven a una velocidad aproximada de 2.5 x 10^9cm/s; a su paso por el aire gastan unos 35 eV de su energía, en promedio, por cada par de iones que se crean.

Las radiaciones beta se desvían en dirección opuesta a las radiaciones alfa; se encontró que eran electrones que se mueven a velocidades aproximadas de 1.6 x 10^{10}cm/s.

Con esto podemos llamar a las radiaciones alfa y beta como partículas alfa y beta respectivamente. Así, las partículas beta difieren de las alfa en lo siguiente:

1. Experimenta muchas desviaciones en sus encuentros con electrones extranucleares, los cuales son "barridos a un lado" por las partículas alfa, más pesadas.
2. Pueden crear fotones, en forma de rayos X, cuando experimenta fuerte aceleración o desaceleración en el campo nuclear.
3. Produce diferentes fenómenos de interferencia en colisiones con partículas idénticas.
4. Las partículas beta son emitidas por el núcleo con energías variables, mientras que diferentes grupos de partículas alfa son homogéneas en energía.

Los rayos gamma son fotones semejantes a la luz visible, pero de una longitud de onda más corta; son muy semejantes a los rayos X. Hasta 1912 se estableció su naturaleza eletromagnética, por los experimentos de M. Von Laue en colaboración con W. Friedrich y P-Knipping, y por los de W. H. Bragg y W L. Bragg en 1913.

Rutherford y E. N. da C. Andrade, en 1914, efectuaron experimentos de difracción de rayos gamma, con el uso de un cristal de gama; con esto demostraron que eran de naturaleza similar a la de los rayos X.

Con la emisión de partículas alfa y beta de los átomos radiactivos surgió la idea de que éstos estaban constituidos por unidades menores, conduciendo al concepto nuclear del átomo, fundamental en la actual teoría atómica.

Las transformaciones que se verifican en los átomos de los elementos radiactivos, al emitir partículas alfa y beta y rayos gamma, modifican el núcleo atómico transformándolo en otro distinto: a este fenómeno se le llamó "desintegración radiactiva"

La cantidad de átomos que se desintegran en una unidad de tiempo es proporcional a la cantidad de átomos radiactivos inalterada existente en cada momento. Esto significa que en la unidad de tiempo se desintegra siempre una cantidad determinada y constante para cada elemento radiactivo y se le llama "constante de desintegración".

Basándose en sus experimentos (acerca de una "sustancia radiactiva emitada por compuestos de torio", comunicado en enero de 1900 en el *Philosophical Magazine*) Rutherford dedujo la rapidez de formación de iones al desintegrarse una sustancia radiactiva:

$$dn / dt = q - \lambda n$$

donde n es el número de iones producidos por segundo al tiempo t por las desintegraciones radiactivas; q es el número de iones suministrados por segundo por la emanación que se difundía desde el torio; λ es una constante; $q = 0$ cuando la fuente de emanación se separa.

En esta comunicación Rutherford describe también cómo la emanación se comportaba más bien como un gas, por cuanto podía atravesar tapones de algodón y agua caliente o fría, o ácido sulfúrico concentrado o diluido, sin perder su radiactividad. También demostró en su comunicación de febrero de 1900, que la rapidez del decaimiento de la actividad excitada (la cual fue observada en cuerpos sólidos en la proximidad del torio) era menor que la emanación, pues disminuía a casi la mitad de su actividad en 11 horas. Además, la actividad excitada se debía a un depósito

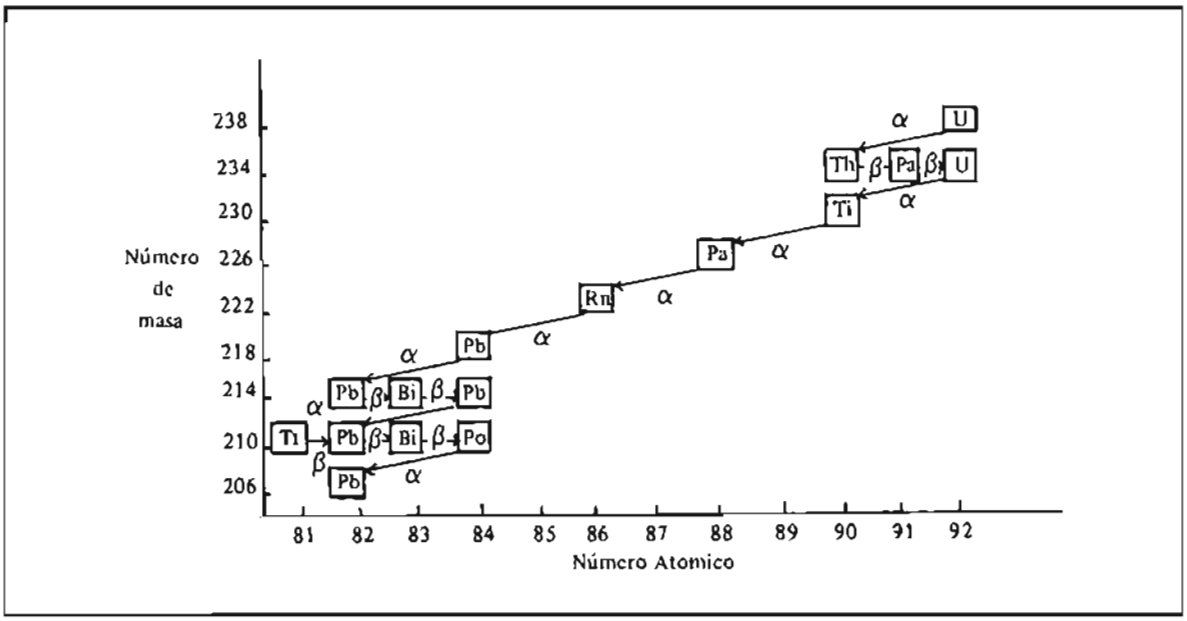


Figura 3. Serie del uranio 238 al plomo estable 206.

que podía separarse de un alambre de platino por ácido sulfúrico, pero que se encontraba posteriormente en el residuo al evaporar el ácido.

Con esta introducción, que da una idea de los métodos científicos empleados, podemos pasar a la conclusión expresada por Rutherford y Soddy en su comunicación acerca de "La causa y naturaleza de la radiactividad", que apareció en el número de noviembre de 1902 de la revista *Philosophical Magazine*, y que dice así: "la interpretación de los experimentos mencionados tiene que ser, por consiguiente, que la emanación es un gas químicamente inerte, de naturaleza análoga a los miembros de la familia del argón". En la misma comunicación hacen especulaciones acerca de la asociación del helio con la radiactividad y, en su conclusión, dicen que:

> La ley de la declinación de la radiactividad con el tiempo aparece como la expresión de la ley simple del cambio químico, en la cual una sustancia sólo se altera a velocidad proporcional a la cantidad de ella que queda.

En 1908, cuando Rutherford y Geiger llegaron a la conclusión de que la partícula alfa era idéntica al átomo de hielo, pudieron deducir, en el caso del radio —y con el uso del peso atómico más recientemente obtenido por María Curie para el radio, 226—, que el peso atómico de la emanación de radio (*radón*), debía ser 222, y el de la forma de depósito de *radón* debía ser de 218.

En el transcurso de dos años, a partir de los experimentos de dispersión con partículas alfa, Rutherford propuso la explicación de que el átomo debería tener un núcleo central muy pequeño, donde estaba concentrada toda la carga positiva y casi toda la masa del átomo; y los electrones de ese átomo estaban distribuidos en el espacio que rodeaba al núcleo. Este centro se llamó posteriormente núcleo atómico. Esto se publicó en el *Journal of the Literary and Philosophical Society of Manchester*, donde, un siglo antes, Dalton había expuesto su concepto del átomo.

Hacia 1911, varias especies radiactivas se apiñaban en un lugar que parecía ser el propio por sus propiedades físicas y químicas, según la Tabla Periódica.

En 1913, T.W Richards, de la Universidad de Harvard, encontró dos pesos atómicos diferentes para el plomo obtenido de dos fuentes distintas. En el mismo año, F.W. Aston separó los átomos de neón en dos especies con diferentes pesos atómicos. Estos resultados fueron interpretados por F. Soddy, en Gran Bretaña: dio el nombre de *isótopos* a los átomos del mismo elemento que tienen las mismas propiedades químicas, pero diferente número de masa.

Así, para entender el proceso de desintegración radiactiva, es necesario considerar el modelo del átomo nuclear para definir el número de masa y número atómico; y con ello explicar la formación de isótopos.

Número atómico: (Z) es igual al número de protones que hay en el núcleo.

Número de masa: (A) es igual al número de protones y neutrones que hay en el núcleo.

La diferencia A-Z nos da el número de neutrones en el núcleo.

Emisión α : A decrece en 4 unidades, Z decrece en dos unidades.

Emisión β : A no cambia, Z crece en una unidad.

Emisión φ : A y Z no cambian.

Esto se representa gráficamente en la figura 3.

Actualmente se conocen unos trece isótopos del radón, cuyo peso atómico varía desde 204 hasta 222. Todos estos isótopos son radiactivos. En ellos pensaba Soddy cuando inventó el término; pero, como mostraron posteriormente los trabajos de J.J. Thomson y F.W. Aston, hay también muchos isótopos estables. Así, ahora sabemos que el hidrógeno 2 (deuterio) es un isótopo estable del hidrógeno 1, mientras que el hidrógeno 3 (tritio) es un isótopo radiactivo del hidrógeno 1. Hay diez isótopos estables del estaño y 15 isótopos radiactivos, cuyos pesos atómicos varían desde 108 hasta 132.

En 1903, en la comunicación titulada "Cambio radiactivo", publicada en *Philosophical Magazine,* Rutherford y Soddy presentaron la *Ley del cambio radiactivo*. Señalaban que en todos los casos investigados, la actividad de una sustancia radiactiva disminuye en proporción geométrica con el tiempo. Así, la ley que determina la rapidez de desintegración (que es igual a la transformación de una sustancia radiactiva) es: "La cantidad de sustancia que decrece en el tiempo, D dt es proporcional a la cantidad presente de la sustancia N (t)."

Si la cantidad presente de sustancia es N (t), entonces

$$-dN / dt = \lambda N(t)$$

integrando

$$dN / N = -\lambda\, dt$$

$$\ln N = -\lambda t + C$$

para $t = 0$ y $C = \ln N_0$

$$\ln N/N_0 = -\lambda t$$

despejando N

$$N = N_0^{-\lambda t}$$

Donde N_0 es la cantidad de sustancia presente para el tiempo 0 y λ es la constante de desintegración y es característica de cada sustancia.

Además de las tres clases de radiación que fueron observadas, al terminar el siglo XIX y comenzar el siglo XX, se ha encontrado que los radionúclidos (o sea el elemento radiactivo) pueden desintegrarse con emisión de positrones (es decir, emisión $\beta +$). En este caso, el elemento "hijo" está una unidad más abajo en número atómico, en la tabla periódica. Pero igualmente, esta misma transmisión, de la que resulta la pérdida de una unidad en el número atómico, puede ser efectuada por la captura de un electrón orbital por el núcleo atómico, con la emisión consiguiente de un rayo X característico. Esta energía de excitación puede entrar asimismo en interacción con los electrones más externos de un átomo y darles la energía cinética suficiente para abandonar el átomo como electrones de baja energía —o electrones Auger, como se les llama por su descubridor.

Del proceso conocido como conversión interna, surge un nuevo producto de desintegración. Este proceso ocurre cuando, después de la transición de un radioelemento por la emisión de una partícula, por ejemplo de una partícula alfa, un electrón, un positrón o por captura de un electrón orbital, el núcleo hijo queda en estado excitado; es decir, con una cantidad de energía en exceso, de la cual se libera en forma de un rayo gamma. La conversión interna ocurre cuando, en vez de ser emitido un rayo gamma del núcleo el exceso de energía es transferido a un electrón orbital que abandona el átomo a una velocidad correspondiente al resto de energía disponible en la transición.

Esta disgresión acerca de los modos de desintegración es necesaria para enunciar lo referente a la constante de desintegración (λ) de un radionúclido: es característica fundamental de una sustancia radiactiva, que no se afecta en casi ninguno de los estados físicos o químicos en que pueda hallarse, y es por ello de máxima utilidad para identificar elementos radiactivos. Pero si la desintegración implica intervención de electrones atómicos orbitales —como en el caso de la captura interna del electrón o de conversión interna—, entonces, todo cambio que afecte la proximidad de estos electrones afectará también la velocidad de desintegración. Así, en los dos casos mencionados pueden efectuarse cambios bastante pequeños de la constante, por cambios en la composición química, y cambios mucho mayores en condiciones de ionización completa, como son las que pudieran prevalecer en las estrellas. De otro modo, la constante de desintegración es una propiedad única característica de un radionúclido, como lo es también una cantidad conocida como vida media de la sustancia radiactiva.

En el caso de emisión alfa o beta, λ y la vida media son completamente independientes de los estados físicos o químicos de las sustancias.

La vida media, concepto introducido por Rutherford en 1904, es el tiempo necesario para que un elemento radiactivo se disintegre desde una actividad dada a la mitad de esta actividad.

Cálculo de la vida media de una sustancia radiactiva

El número de átomos que decaen entre t y t + dt es igual a $dN = \lambda N dt$; pero

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Que es igual al número de átomos que decaen en el tiempo t, luego:

$$dN = \lambda N_0$$

Como el proceso es estadístico, y un sólo átomo puede tener una vida desde 0 a ∞, entonces la vida media es

$$t' = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} \lambda N_0 t e^{-\lambda t} dt$$

$$= \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt$$

Pero esta integral es del tipo $\int_0^{\infty} x e^{ax} dx = (e^{ax} / a^2)(ax-1)$, por lo tanto:

$$t' = \lambda \frac{e^{-\lambda t}}{(-\lambda)^2}(-\lambda t - 1)$$

Para $t = \infty$; $t' = 0$

Para $t = 0$; $t' = \frac{\lambda}{(-\lambda)^2} = \frac{1}{\lambda}$

Por lo tanto, la vida media es el recíproco de la constante de desintegración λ.

También es útil el concepto de vida media T, que es el tiempo en que una sustancia se reduce a la mitad de su cantidad inicial.

Así, tenemos

$$\frac{N(T)}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\log \frac{1}{2} = 0 - \log 2 = -\lambda T (\log)$$

$$-0.3010 = -0.4343 \quad \lambda T$$

Reduciendo $0.6930 = \lambda T$

Despejando $T = 0.6930 = \lambda T$

y $T = 0.6930\ t'$

Las vidas medias de los radionúclidos varían desde el orden de 10^{-9} seg al orden de 10^9años; una gama de valores enormemente grande.

Un ejemplo del uso de la ley de Desintegración radiactiva sería el cálculo del número de átomos que se desintegran por un segundo en un gramo de radio:

$N_0 = 2.025 \times 10^{23} / 226$

$= 2.666 \times 10^{21}$

Vida media = 1 622 años

$\lambda = 0.69315/1\ 622 \times 3.157 \times 10^7$

$= 0.1354 \times 10^{-10}/s$

La rapidez de desintegración de un gramo de radio 226 es:

$$-\frac{dN_0}{dt} = -dNo/dt = \lambda N = 3.61 \times 10^{10}$$ partículas alfa por segundo.

Esta cantidad estuvo estrechamente ligada con la definición original de la unidad de radiactividad, el curie, que fue definido como la cantidad de radón en equilibrio con un gramo de radio 226 y se ha convertido así en la base de la definición actual del curie, que se define como la actividad de una sustancia radiactiva tal, que esta sustancia se desintegre a una razón de 3.700×10^{10} desintegraciones por segundo.

En los primeros días de la radiactividad, los investigadores se interesaban por saber no sólo cómo se desintegra un radionúclido progenitor, sino también las leyes que gobiernan las cantidades de generaciones sucesivas de progenie radiactiva presente en todo momento. Rutherford derivó las relaciones entre estos miembros de una familia radiactiva y las publicó en 1904 en la revista *Philosophical trasactions* de la Royal Society.

Actualmente se han encontrado cuatro series de elementos radiactivos clasificados de la siguiente manera:

Serie 4n = Serie del torio
Serie 4n + 1 = Serie del neptunio
Serie 4n + 2 = Serie uranio-radio
Serie 4n + 3 = Serie uranio-actinio

donde n es un número entero.

Cada serie de desintegración radiactiva tiene como producto final el isótopo estable del plomo 82.

El periodo de semidesintegración en cada serie es muy variable.

Después de un periodo de tiempo determinado, el conjunto de una serie dada se mantiene casi invariable; es decir, que el número de átomos que se obtienen es igual al de los que se desintegran. Si se elimina del conjunto un elemento en equilibrio, se altera; sin embargo, al cabo de cierto tiempo se restablece nuevamente.

Radiactividad artificial

Anteriormente, se ha hablado de radionúclidos producidos artificialmente por medio de reacciones nucleares y con esto, se ha adelantado un poco la revisión histórica del desarrollo de la radiactividad.

La primera reacción nuclear producida artificialmente, o desintegración artificial, fue observada por Rutherford en 1919, cuando usó una fuente de radio C + C' (Bi 214 + Po 214) con energías de partícula alfa de 7.5 MeV, para bombardear nitrógeno. Como resultado de ello, se produjeron partículas de largo alcance, correspondientes a protones (que fueron identificados por desviación magnética), cuyo alcance en el aire, en condiciones TPN, era de 28 cm. Se tuvo cuidado de purificar el nitrógeno para privarle del más mínimo indicio de hidrógeno, a fin de eliminar la posibilidad de rebotes de hidrógeno. Posteriormente Rutherford y Chadwick observaron que los protones de largo alcance tenían en el aire, en condiciones TPN, un alcance de 40 cm, en comparación con 29 cm, máximo alcance posible de cualquier protón de rebote. Estas observaciones se representan por la reacción nuclear:

$$_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{8}0^{17} + {}_{1}H^{1}$$

El siguiente progreso en este campo llegó en 1932, cuando J. D. Cockcroft y E.T.S. Walton, en el laboratorio de Rutherford, bombardearon litio con protones de 300 KeV, producidos en tuvo de descarga, y observaron en una cámara de niebla que se producían partículas alfa de acuerdo a la reacción

$$_{3}Li^{7} + {}_{1}H^{1} \rightarrow 2\ {}_{2}He^{4}$$

Las partículas alfa aparecían en pares en direcciones opuestas, y así conservaban energía e impulso con alcances iguales en el aire, en condiciones TPN, de alrededor de 8.3 cm. Estos alcances correspondían a una energía cinética inicial de las partículas alfa de unos 8.55 MeV. Con el balance de masa y energía de ésta reacción se comprobó experimentalmente la aplicabilidad de la relación de Einstein, $E = mc^2$, a las reacciones nucleares, como había supuesto antes Chadwick al determinar la masa del neutrón.

Con el descubrimiento del neutrón en 1932, Feather, en sus experimentos con nitrógeno en la cámara de niebla, observó inmediatamente que algunos de los rebotes de nitrógeno no procedían de colisiones elásticas, sino que se producían dos estelas, correspondientes a la reacción

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \rightarrow {}_{5}B^{11} + {}_{2}He^{4}$$

Pronto se halló que el neutrón, sin carga, que no se afectaba por el campo columbiano del núcleo, era muy eficaz para producir transformaciones nucleares.

En 1933, Federic Joliot e Irene Joliot-Curie, al investigar los efectos del bombardeo de núcleos ligeros con partículas alfa procedentes de polonio 210, observaron que eran emitidos positrones y neutrones. Esto en sí no era sorprendente, pues parecía tratarse de la reacción nuclear descubierta por Rutherford en 1919, ya que el positrón y el neutrón juntos podían considerarse equivalentes al protón observado por Rutherford.

Pero el hecho sorprendente observado por los esposos Joliot-Curie fue que cuando se separaba la fuente de partículas alfa cesaba la emisión de neutrones, pero seguían siendo emitidos los positrones, y lo que es más, ¡su actividad decaía exponencialmente!

De esta forma los esposos Joliot-Curie demostraron que los elementos radiactivos pueden ser obtenidos por vía artificial, descubriendo así la *radiactividad artificial o inducida.*

Confirmaron plenamente esta suposición obteniendo fósforo radiactivo partiendo de aluminio ordinario: una plaquita de aluminio previamente sometida a un bombardeo de partículas alfa, se disolvía en ácido; en la disolución se encontraban átomos de aluminio no alterados, así como los de fósforo obtenidos a partir de la desintegración. Después a base de una reacción química, el fósforo pasaba a ácido fosfórico ordinario como precipitado; este precipitado contenía ácido fosfórico ordinario (adicionado a la solución como agente portador para precipitar la pequeña cantidad de ácido fosfórico radiactivo) y, un número insignificante de átomos de fósforo radiactivo (10^{-18} a 10^{-19}g). Para comprobar la existencia de fósforo radiactivo en el precipitado usaron la propiedad de emisión de positrones.

En particular, los esposos Joliot-Curie hallaron que los elementos que daban origen a este fenómeno, al ser bombardeados con partículas alfa, fueron boro, magnesio y aluminio, con las siguientes reacciones

$$_{5}B^{10} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{7}N^{13} + {}_{0}n^{1}$$

$$_{12}Mg^{24} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{14}Si^{27} + {}_{0}n^{1}$$

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$$

Los núcleos N^{13} (10 min), Si^{27} (4.1 seg) y P^{30} (2.5 min) son activos en cuanto a emisión de positrones y se desintegran hasta formar C^{13}, Al^{27} y Si^{30} estables.

Desde el descubrimiento de los esposos Joliot-Curie se han hallado muchísimos emisores de electrón y po-

sitrón, y se conocen unos cuantos radionúclidos que se desintegran por emisión beta positiva y negativa. Uno de estos radionúclidos es el cobre 64.

En 1936, J. L. Livingood produjo artificialmente, por primera vez, un elemento radiactivo que ocurre en la naturaleza (radio E o bismuto 210) a partir de un núclido estable, por bombardeo de bismuto 209 con deuterones.

En 1935, Fermi, E. Amaldi, O. D'Agostino, B. Pontecorvo, F. Rasetti y E. Segré descubrieron (y patentaron) el modo de producir neutrones lentos. En general, un neutrón que experimenta una colisión elástica con un núcleo pesado no pierde mucha energía, Fermi y colaboradores hallaron, sin embargo, que cuando neutrones rápidos (reacciones nucleares) se dejan pasar por una sustancia hidrogenada, como agua o parafina, los neutrones se vuelven más lentos y se hacen mucho más eficaces para producir reacciones nucleares. Cuando los neutrones entran en colisiones elásticas con átomos de hidrógeno, las colisiones son entre partículas cuya masa es casi igual y, en promedio, cada colisión reduce a la mitad la energía del neutrón.

Así, en diversos países los científicos se dedicaron a la obtención de nuevos elementos radiactivos artificiales y, con esto, todos los elementos de la tabla periódica fueron sometidos a la acción de neutrones conseguidos a base de partículas alfa, emitidas por radio o radón sobre berilio.

El análisis de las reacciones químicas entre los distintos elementos radiactivos dio como resultado el descubrimiento de los isótopos.

Aplicaciones de la radiactividad

La radiactividad tiene un número muy considerable de aplicaciones en casi todos los campos de la ciencia y de la técnica.

Las reacciones nucleares de los isótopos radiactivos se emplean como medios de control en varias ramas de la técnica; se aprovecha, sobre todo el hecho de que las propiedades químicas de un elemento radiactivo son las mismas que la de los isótopos no radiactivos del mismo elemento. Las moléculas que tienen un determinado número de átomos radiactivos se llaman moléculas marcadas. A continuación se presenta una forma condensada de las aplicaciones de éstas moléculas.

• *En química:* para la obtención de polímeros deben emplearse fuentes radiactivas muy intensas; frecuentemente se utiliza cobalto 60. Los isótopos radiactivos también se emplean para medir las velocidades y la cinética de las reacciones; en el análisis por activación, en química analítica, consistente en

exponer la materia desconocida a un haz de partículas produciéndose isótopos radiactivos que se miden por detectores de rayos beta o gamma.

• *En biología y agricultura:* en el estudio del metabolismo de las plantas se utiliza carbono 14. La reactividad origina cambios biológicos importantes como las mutaciones en organismos vivientes, así se han obtenido nuevas variedades de vegetales y nuevas formas de penicilina. También se han usado para combatir las plagas de insectos.

• *En metalurgia:* en el mecanismo de solidificación del acero en moldes, difusión de metales en una aleación, con cobalto 60 se pueden obtener radiografías de grandes piezas metálicas para descubrir sus defectos.

• En historia y geología: puede fijarse la edad de objetos de madera o restos de tejidos, determinando la cantidad de carbono 14 que contienen; lo que resulta de gran utilidad en el estudio de las civilizaciones antiguas; también la edad de minerales, de la Tierra y de las estrellas.

• *Aplicaciones industriales:* se construyen aparatos para medir el nivel de un líquido en recipientes de paredes opacas, por ejemplo viscosímetros; en el control de espesor de piezas planas fabricadas en serie, midiendo la absorción de la radiación que es función del espesor de la pantalla interpuesta entre las fuentes y el detector. La esterilización de la carne y otros productos perecederos han sido objeto de intenso estudio.

• *En medicina:* los radioisótopos han encontrado extenso uso en terapia médica. El radio 226 y el radón

fueron usados como fuente de radiación para controlar el cáncer, pero ahora han sido remplazados por cobalto 60. En 1969, Glem T. Seaborg, químico nuclear de la U.S. Atomic Energy Comission, hizo un estatus de aplicaciones médicas, notando que el cobalto 60 (y Ce 137) era usado en el tratamiento para cáncer y suprimir algunas reacciones de inmunización que se presentan después de un trasplante de órganos humanos; el iodo 131 (y en algunos casos iodo 125) era usado para diagnosticar varios desórdenes de la tiroides, tratamiento de hipertiroidismo, embolia pulmonar, detección de tumores, volumen de sangre y estudios cardiacos; el carbono 14 fue usado para estudiar anormalidades del metabolismo que producen diabetes y anemia y acromegalia; galio 68, estroncio 85 y 87, flúor 18 y calcio 47 fueron usados para suspender males y desórdenes metabólicos; el cromo 51 para medir masas de células; arsénico 74 para localizar tumores; itrio 90, para tratar desórdenes en las glándulas pituitarias; oro 198, como un paliativo en el cáncer; mercurio 197 y 203, para pruebas de funciones renales; selenio 75 (selenomethionine), para detectar cáncer en el pancreas; sodio 23 y 24 para medir el intercambio de sodio y desórdenes de circulación; fósforo 32, para leucemias y policitemias; hierro 59 y 55, para medir la velocidad de formación de células rojas, su tiempo de vida y velocidad de absorción intestinal; y cobalto 57 (y Co 60), para pruebas de absorción de vitamina B12. Seaborg también notó el uso de 6 Hrs de tecnesio 99 m, para diagnóstico en la tiroides y enfermedades de Kidney.

• *Fuente de energía solar:* la cuestión de la producción de energía a través de la conversión de hidrógeno en helio fue discutida y esencialmente resuelta por H. A. Bethe: *Phys. Rev.*, núm. 55, p. 434, 1939; por H.A. Bethe, C.L. Critchfield: *Phys. Rev.*, núm. 54, p. 248, 1938; y por C. F. von Weizsäcker: *Phys. Zs.*, núm. 39, p. 633, 1938; y *Ap. J.*, núm. 114, p. 165, 1951.

Consideremos materia bajo las condiciones que prevalecen cerca del centro del Sol. La temperatura es del orden de 15×10^6 grados Kelvin, correspondiente a una energía cinética media de partículas atómicas de cerca de 2 KeV. La densidad es de alrededor de $10^2 g/cm^3$ y la composición química de la materia del interior solar es tal que consiste principalmente de H y He, con una mezcla relativamente pequeña de elementos pesados: C, N, O, Ne, Mg, Si y Fe.

La velocidad de reacción entre cualquier par de núcleos, dentro de un intervalo dado de temperatura, depende en forma muy sensible del producto de las cargas nucleares. Si este es grande la reacción será extremadamente pequeña, pues sólo una muy pequeña fracción de núcleos tendría la suficiente energía cinética para vencer las repulsiones de Coulomb.

Se demuestra que las velocidades de reacción son despreciables desde el punto de vista de la producción de energía termonuclear, para todos los núcleos de carga $Z = 7$ (nitrógeno).

El siguiente es el proceso termonuclear conocido como proceso protón-protón que se supone es el que predomina en el interior del Sol y de estrellas parecidas al Sol en masa y tamaño.

El ciclo se representa así:

$$2H^1 + 2H^1 \rightarrow 2H^2 + 2\beta^+ + 2 \text{ neutrinos}$$
$$2H^2 + 2H^1 \rightarrow 2He^3 + \sigma$$
$$He^3 + He^3 \rightarrow He^4 + 2H^1$$

Luego, el resultado neto es la producción de un núcleo He^4, dos positrones y dos neutrinos a partir de cuatro protones H^1.

Los dos positrones se autoaniquilan en dos electrones, de modo que, finalmente, el proceso resulta en la producción de un núcleo de He^4 y dos neutrinos, a partir de cuatro protones y dos electrones. Se forma un núcleo He^4 por cada reacción de dos protones.

Además se demuestra que en la producción de cada núcleo de He^4 se libera una cantidad de energía igual a 4.3×10^{-5} ergios equivalentes a 28 MeV

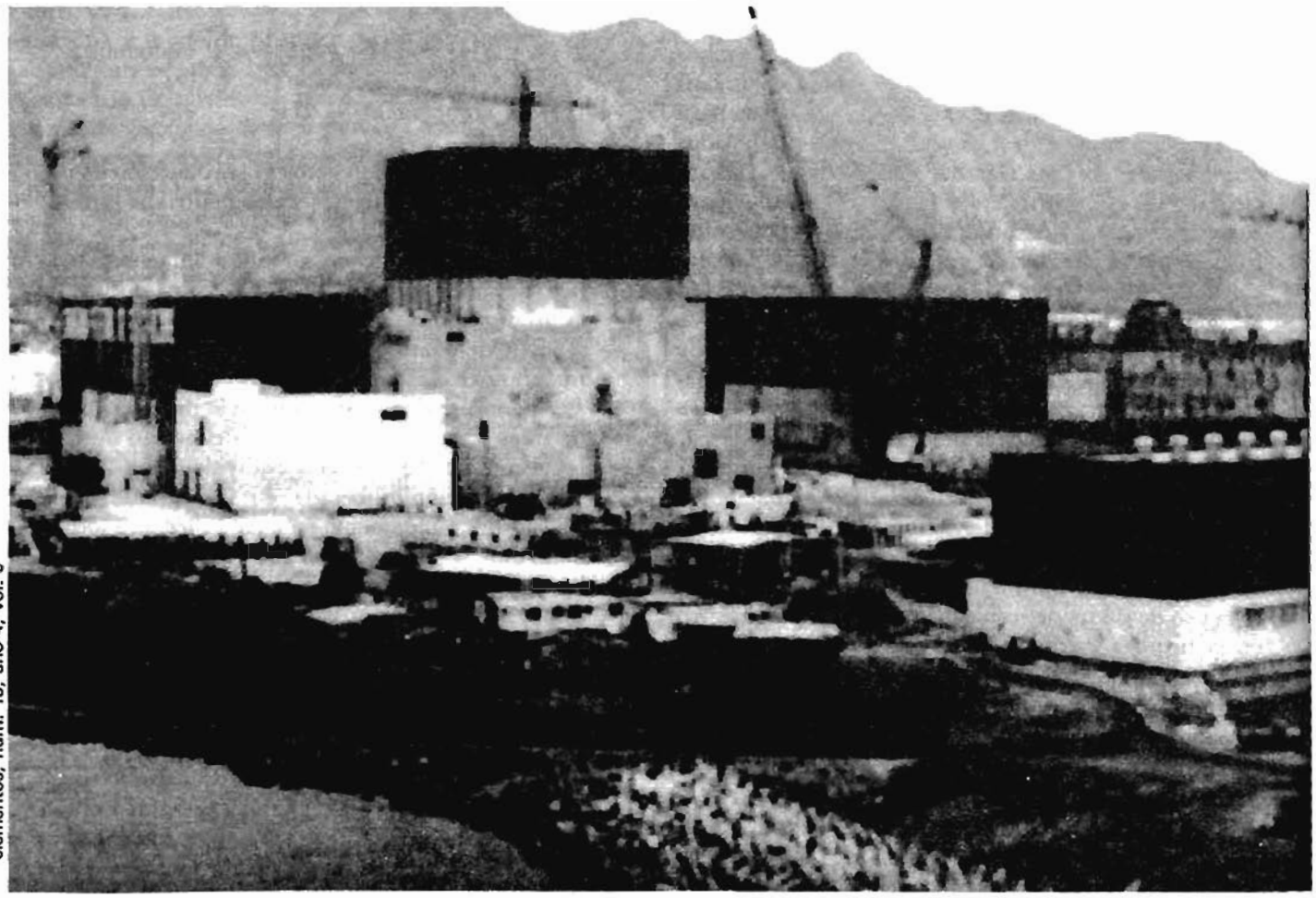
La radiación σ liberada en la segunda etapa se transforma rápidamente en energía térmica local. Los neutrinos se escapan del Sol sin agregar nada a su luminosidad o producción de energía, por lo que hay que restar al anterior valor de la energía producida, un 5% que es parte de la energía que escapa del Sol en los neutrinos.

Con esto podemos observar la enorme variedad de aplicaciones que tiene la radiactividad, y con ello ver que es una fuente inagotable de recursos para investigar todo aquello que nos rodea.

Bibliografía

1. Andrei Nesmeianov, *Elementos radiactivos y sus aplicaciones*, Ediciones en lenguas extranjeras, URSS. 1956.
2. Academia de Ciencias de la URSS, *Las ideas básicas de la Física. Ensayos sobre su desarrollo*, Ed. Pueblos Unidos, Montevideo, 1962.
3. W.B. Mann y S.B. Garfinkel, *Radiactividad y su medida*, Ed. Reverté Mexicana, México, 1968.
4. *Antología de Física*, Lecturas universitarias núm. 9, UNAM, México, 1971.
5. Linus Pualing, *Química General. Una introducción a la química descriptiva y a la moderna teoría química*, Ed. Aguilar, Madrid, 1971.
7. *Enciclopedia británica*, tomo XV, 1980.
8. *Gran enciclopedia Larousse*, tomo VIII, Ed. Planeta, Barcelona, 1980.

NO A LAGU



elementos, núm. 13, año 4, vol. 3

Introducción

Los accidentes de la Isla de las Tres Millas (EU, marzo 28 de 1979) y el de Chernobyl (URSS, abril 26 de 1986) han demostrado que:

—La tecnología nuclear es intrínsecamente insegura por su complejidad, tamaño, y por falta de conocimientos.

—Las plantas nucleares ocasionan grandes daños a los seres humanos y al medio ambiente, de cerca y de lejos.

En la Unión Soviética han muerto por lo menos 31 personas, y decenas de miles han sido heridas por la radioactividad. El daño se extendió por toda Europa.

Aunque el accidente de La Isla de las Tres Millas no produjo muertes inmediatas, como en Chernobyl, esperan decesos por cáncer al futuro debido a los efectos retardados de las radiaciones de bajo nivel.

La Unión Soviética reconoce oficialmente pérdidas mínimas de 3500 millones de dólares, así como la inutilización de unos 3000 kilómetros cuadrados (300 mil hectáreas) de tierra apta para la agricultura.

Los lapones de Suecia tuvieron que dejar de comer carne de reno, por estar contaminada con cesio. Las siembras de cereales y pastos se tuvieron que cortar y almacenar, convirtiéndose en desechos radiactivos. La leche de las vacas también se tuvo que desperdiciar durante varias semanas.

NA VERDE

Marco Martínez Negrete*

Los constructores de reactores afirman que han dedicado a sus problemas de seguridad más tiempo y esfuerzo que en otras tecnologías. Aunque así sea no es lo importante, pues si un problema es demasiado difícil de resolver, no se puede decir que ya está resuelto con sólo señalar que se hicieron todos los esfuerzos para resolverlo.

Hannes Alfvén,
Premio Nobel de Física 1970.

Los costos mínimos agrícolas para junio de 1986, eran de: 200 millones de dólares para Suecia, 100 para la República Federal de Alemania, 14 para Inglaterra. Los otros países europeos no han publicado datos.

Es decir, los efectos de un accidente nuclear grave se sienten a miles de kilómetros de distancia del reactor.

—Se tiene que revisar todo lo concerniente a la evacuación de la población, en caso de accidente nuclear.

La distancia considerada crítica para evacuar a la población, que es de 16 km, ya no es suficiente. En Chernobyl se evacuo a la población en un radio de 30 km, y aun niños fueron desplazados hasta 160 km del reactor accidentado.

—El accidente de Chernobyl obligó a que las poblaciones de muchos países se movilizaran en contra de las plantas nucleares, propias y ajenas.

En Austria se decidió desmantelar la única planta nuclear, que el referendo de 1977 impidiera inaugurar.

En Brasil se cerró el 5 de junio de 1986 la única planta nuclear, porque se vio que el gobierno no disponía de un plan de evacuación para la población vecina de Angra dos Reis, de 200 mil habitantes. Los propios pobladores realizaron un simulacro, y demostraron la im-

* Depto. de Física, Facultad de Ciencias, UNAM, México 20, DF

posibilidad de una evacuación pronta y ordenada. El juez de la localidad decidió cerrar la planta, respaldado por más de 30 mil habitantes de la ciudad de Angra. Al parecer la planta fue reabierta en diciembre de 1986, pero ha sido cerrada de nuevo en julio de 1987 por fugas radiactivas.

Argentina decidió cerrar el 5 de junio de 1987 sus dos plantas nucleares de Atucha y Embalse por tiempo indefinido, "a fin de evitar una catástrofe Chernobyl"

Los partidos laborista inglés y socialdemócrata alemán, decidieron abandonar la energía nuclear en diez años.

—Muchas plantas han sido canceladas en el mundo.

Tres Millas y Chernobyl son lo notorio, pero desde 1958, año en que comenzaron a operar las primeras nucleoeléctricas, han ocurrido miles de accidentes, que se han mantenido en secreto por gobiernos y empresas.

En México es un hecho la protesta creciente contra Laguna Verde, por el anunciado intento gubernamental de iniciar la operación de la nucleoeléctrica en 1987.

Para impedir que Laguna Verde opere y se convierta en una opción no peligrosa, se han realizado varios actos de protesta por todo el estado de Veracruz, el DF, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Jalisco y Tamaulipas. Se han formado ya más de 70 grupos antinucleares en el estado de Veracruz, y se han efectuado seis marchas nacionales en contra de Laguna Verde nuclear.

Debate sobre Laguna Verde en la UAP

Los afanes de modernización del sistema priista son, hoy, prácticamente arcáicos. La nucleoelectricidad pudo haber sido un afán modernista en los años cincuenta; de hecho lo fue cuando Eisenhower quiso lavar la sangre de sus manos (después de las explosiones de Hiroshima y Nagasaki) y enarboló su proyecto de energía nuclear para la paz. Lo moderno, hoy, se encuentra por otros lados. Moderno es la utilización de la energía solar, el desarrollo de los superconductores para la creación de cisternas solares, el sembrar —en pequeños poblados de las costas del Pacífico— generadores eléctricos movidos por los vientos, el uso pleno de la energía de caída del agua, el impulso a la geotermia (que ya es una realidad en el norte del país). El mundo ha abandonado el desarrollo de la energía nuclear. Los físicos entendemos que no han sido claros todos los pasos de funcionamiento de las plantas nucleares; toda planta es, por ello, experimental y nosotros no queremos ser los conejillos de indias. Estas fueron algunas de las conclusiones a las que arribó el Dr. Marco Martínez Negrete en la mesa redonda sobre la nucleoeléctrica de Laguna Verde.

Dicha mesa se realizó el martes 13 de octubre en el auditorio de la Escuela de Derecho. En un segundo intento, puesto que el martes anterior había sido convocada en el auditorio de Ingeniería Civil, aplazándose, supuestamente, por una movilización sindical universitaria. Y fue supuesto el aplazamiento ya que, encontrándose abarrotado el salón hubo de improvizarse un debate sin los ponentes anunciados. Se le salió al paso a la enorme inquietud que representa la próxima puesta en marcha de la nucleoeléctrica. Sin embargo el martes 13 todo salió de maravilla y el auditorio —en este caso el de Derecho— estuvo también lleno. Además de la intervención del Dr. Martínez Negrete,* participaron el ingeniero Luis Rivera Terrazas, coordinador del Departamento de Física de Estado Sólido, doctor *honoris Causa* y exrector de esta universidad, miembro del Consejo Editorial de la revista *Elementos*, y el Dr. Arturo Aldama, decano del humanismo y el ecologismo en México, exrepresentante de nuestro país en la Organización Mundial de la Salud y presidente de la sección mexicana de *Amigos de la tierra* (institución organizadora del debate).

El Dr. Aldama, después de señalar algunas de las formas en que afectan las radiaciones al cuerpo humano dijo: como simple ciudadano entiendo que se trata de una gran olla para hervir agua y con su vapor mover unas turbinas para generar electricidad; entonces, co-

* De quien publicamos sus ideas en la revista *Elementos*.

¿Qué es y cómo funciona una planta nuclear?

El propósito de una planta nuclear, como la de Laguna Verde, es la generación de electricidad para las grandes concentraciones urbanas e industriales, pero no para las pequeñas poblaciones y el campo, hacia donde es muy cara su transmisión.

La planta tiene cuatro componentes:

- Una fuente de calor, el reactor nuclear, por el cual pasa agua que al calentarse se convierte en vapor a presión.
- El circuito de conducción del vapor a presión, que lo lleva hasta las turbinas.
- Las turbinas. Sus aspas se ponen a girar accionadas mecánicamente por el vapor a presión.
- El generador. Utiliza el giro de las aspas para producir electricidad, que sale a las líneas de alta tensión.

nociendo tantas formas de hervir agua que no significan mayores riesgos para las personas, por qué estamos tan empeñados en hacerlo de la manera más cara y peligrosa de todas las que se conocen.

El problema se encuentra en otra esfera, continuó, es que en México, el gobierno de nuestras últimas décadas no conoce la recapacitación ni la autocrítica. Parece que todo lo que ha decidido hacer, en algún momento, está *bien hecho*. Todos sabemos hoy lo que ha significado el endeudamiento externo de México, pero desde las esferas económicas del gobierno, incapaces de recapacitar, se mantiene la idea de que está "bien hecho" y nos seguimos endeudando y quitando recursos al país para el pago de intereses. Todos sabemos el significado de la dependencia tecnológica y se siguen poniendo los ojos en su importación, más que en su promoción. Todos sabemos lo costoso y lo riesgoso del proyecto de la planta nucleoeléctrica de Laguna Verde, y los representantes gubernamentales, divorciados de cualquier reconsideración y de cualquier autocrítica, se empeñan en echarla a andar, antes de estudiar cualquier opción que sin que signifique un desperdicio económico permita generar ahí electricidad sin riesgos.

Por su parte, el ingeniero Luis Rivera Terrazas, señaló que ésta no era sino la coronación de una cadena de irracionalidades y sinsentidos que en dicha materia han venido cometiendo "nuestros" gobernantes: irracionalidades que arrancan desde los años cincuenta en que se funda el Instituto de Energía Nuclear encabezado por un poeta (José Gorostiza, el creador de *Muerte sin fin*, esa joya de la literatura mexicana que esperemos no sea profética en cuanto a la materia que abordamos). . . hasta llegar a esta gran irracionalidad impuesta por no sé qué prisas y aprobada por quién sabe cuáles compromisos, pero que puede traer devastadoras consecuencias.

Después leyó una carta enviada por el doctor Arthur W. Chaffe, quien en su última estancia revisó el estado actual de las nucleoeléctricas en ese país, encontrando un práctico abandono de dicha fuente, además de innumerables conflictos que van desde demandas a las compañías constructoras hasta movilizaciones de colonos para impedir nuevas instalaciones. Dicha carta culmina así: "Estos comentarios no tienen un propósito político. Tratan sólo de admitir que la tecnología norteamericana tropieza con muchos problemas en su manejo de la energía nuclear. Espero que México no tenga que cometer los mismos errores." Firma.

De esta manera y después de escuchar diversas propuestas para hacer oír el rechazo a la puesta en marcha de la nucleoeléctrica de Laguna Verde (incluyendo el que la revista *Elementos* colaborara en la difusión del problema) se dio fin a una exitosa mesa de debate. **(MM)**

La única diferencia importante entre una planta nuclear y la termoeléctrica radica en la fuente de calor. Mientras que la primera usa uranio-235, la segunda puede quemar carbón, combustóleo, gas natural, o usar calor terrestre.

El reactor consta de unas 28 mil barras cilíndricas de óxido de uranio, las que en total pesan unas 90 toneladas.

En Laguna Verde hay dos reactores.

El uranio-235 presente en las barras de combustible es un átomo con núcleo inestable. Puede romperse en varias partes más pequeñas espontáneamente, o porque lo golpeé un neutrón. Al proceso de ruptura se le conoce como "fisión nuclear". Por la fisión, el núcleo del uranio-235 se convierte en los núcleos de otros átomos menos pesados, como el estroncio-90, cesio-137, kriptón-85, o el yodo-131, todos ellos inestables, es decir, fisionables.

La fisión produce otras partículas menos pesadas: neutrones, electrones, y una gran cantidad de energía, que hierve el agua circulante dentro del reactor.

Los neutrones a su vez, pueden pegar en los núcleos de otros átomos presentes en las barras de combustible, o en las paredes de los contenedores, etc., como el uranio-238, para convertirlos en otros, como el plutonio-239.

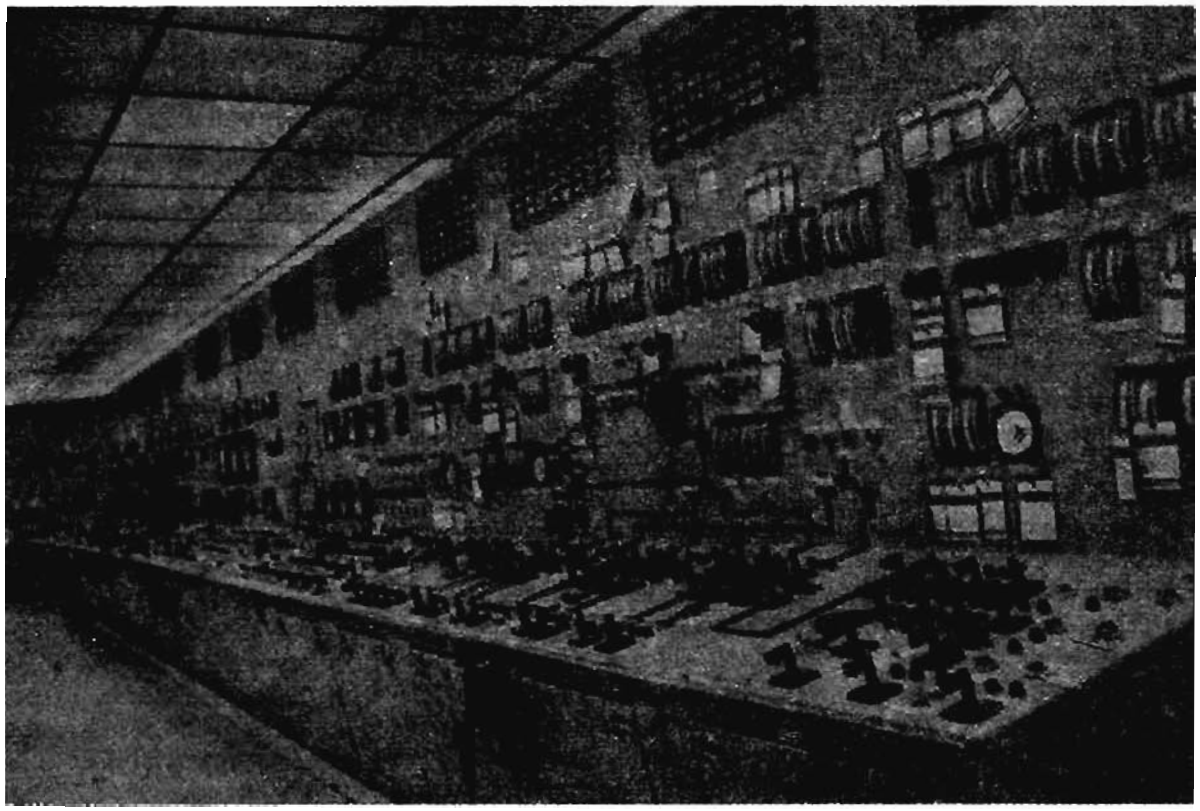
Laguna Verde producirá unos 240 kilos de plutonio al año, suficientes para fabricar unas 30 bombas atómicas tipo Nagasaki.

El plutonio no existe en la naturaleza, es un producto de los reactores. La inhalacion de una millonésima de gramo es suficiente para provocar cáncer pulmonar. El plutonio es uno de los venenos más tóxicos que se conocen.

En un reactor se busca que un neutrón rompa un núcleo de uranio-235 para que, al fisionarse, libere otro neutrón que rompa otro núcleo de uranio-235, y así sucesivamente. Entonces se tiene una reacción en cadena controlada, y como en cada fisión se libera una gran cantidad de energía y otros productos de la fisión, inestables también, en breve tiempo se genera mucho calor y contaminación radiactiva.

¿Qué son la radiación y los materiales radiactivos? ¿Cuánto tiempo dura su actividad?

La fisión del uranio-235 en el reactor, aparte de neutrones y energía, forma subproductos llamados ra-



Tablero de control de la planta nucleoeléctrica de Laguna Verde.

diactivos (porque emiten radiaciones), que se conocen como radioisótopos o radionúcleos.

Los materiales radiactivos están formados por átomos con núcleos inestables, que todo el tiempo están emitiendo neutrones, electrones, luz de alta energía y otras partículas nucleares, que en conjunto se llaman "radiaciones"

Las radiaciones más comunes se pueden clasificar en:

- Rayos alfa, que son núcleos formados por dos protones y dos neutrones.
- Rayos beta, que son electrones.
- Rayos gama, que es luz de alta energía.

Los materiales radiactivos son, pues, los que emiten estos tres tipos de radiaciones.

El tiempo que los materiales radiactivos pueden durar emitiendo radiaciones varía de uno a otro.

Un kilo de plutanio-239 tarda 24 500 años para reducirse a la mitad (medio kilo), por causa de la fisión; tendrían que pasar otros 24 500 años para que el medio kilo se redujera a la mitad (cuarto de kilo); y así sucesivamente. A este periodo de 24 500 años para el plutonio se le llama su "tiempo de vida media"

Dado que la cantidad en que el plutonio es dañino es pequeñísima, tendrán que pasar unos 500 mil años para que un kilo de plutonio pierda su peligrosidad.

Otros materiales radiactivos, dentro de la planta, tienen los tiempos de vida media siguientes:

uranio-235	710 millones de años	alfa, gama*
plutonio-239	24 360 años	alfa, gama
estroncio-90	28 años	beta
kriptón-85	10.8 años	beta, gama
cesio-137	31 años	beta, gama
yodo-131	8 días	beta, gama

*La última columna indica las radiaciones emitidas.

Desde que se carga de combustible la planta nuclear, y más cuando empieza a producir electricidad, se van a generar muchos materiales radiactivos nuevos en las barras de combustible, en la vasija que contiene al reactor, en el agua que hierve, o en los otros componentes de la instalación.

El total de materiales radiactivos primarios distintos será de unos 100, pero los compuestos secundarios llegarán a ser cerca de 2000, todos ellos muy peligrosos.

Como ninguna planta nuclear puede ser sellada perfectamente, la contaminación radiactiva escapará inevitablemente al ambiente en forma gaseosa, o diluida en el agua de enfriamiento que regresa al mar. Aunque las cantidades que salen son pequeñas en operación normal, sin accidentes, de todas maneras tienen un efecto peligroso sobre el ser humano, puesto que son concentradas a través de las cadenas alimenticias; por ejemplo, por el

camino: pasto-vaca-leche-ser humano, o por este otro: agua-pez-ser humano.

Un ostión concentra hasta en diez mil veces la contaminación radiactiva que sale de la planta. Un pez, que se alimenta de plancton contaminado, aumentará cientos de veces la concentración original de contaminantes.

Una vaca concentra en su leche los materiales que se depositan en los pastos que come. Después la madre que bebe la leche de la vaca concentrará aún más los contaminantes radiactivos en su hijo, en quien el efecto es todavía peor.

¿Qué efectos tiene la radiactividad sobre las personas y el medio ambiente?

Cualesquiera de los tres tipos de radiación descritos: alfa, beta o gama, al chocar contra las células de los tejidos de los órganos humanos provocan su muerte, o el que se reproduzcan muy rápida e incontroladamente, ocasionando cáncer al corto, mediano o largo plazo.

Los más afectados son los fetos y los niños, porque sus células se reproducen más rápidamente que en los adultos y porque sus órganos son más pequeños.

Si las radiaciones pegan contra las células sexuales del hombre o la mujer, pueden provocar el nacimiento de niños deformes, o retardados mentales.

Los materiales que emiten radiaciones entran al cuerpo humano por distintos caminos y se depositan en órganos diferentes, según su naturaleza.

El estroncio-90 se comporta como el calcio y va a depositarse en los huesos, provocando cáncer óseo y leucemia.

El yodo-131 se deposita en la tiroides, generando cáncer en este órgano.

El cesio-137, como el potasio, va a dar al tejido muscular. Por esta razón la carne de res tendría que desperdiciarce, al igual que sucedió con los reno de Suecia.

Cualquier dosis de radiación, por pequeña que sea, no puede provocar enfermedades cancerosas. No existe la "dosis umbral", es decir,

Ganadero: ¿Y si a pesar de lo que usted dice de todos modos ocurre un accidente?

Técnico de LV: Mire, le aseguro que no pasará. Pero en el remotísimo caso de que ocurriera, bastaría con quedarse diez días encerrado en su casa; luego se habrá normalizado todo.

Ganadero: ¿Y mis animales? ¿Quién cuidará de ellos?

Técnico de LV: ¿Pero quién piensa en sus animales?

Ganadero: Yo, que vivo de ellos. . .

(Diálogo registrado durante una de las visitas a LV, organizada por CFE, con cargo al pueblo y para infundirle confianza.)

una dosis por debajo de la cual la radiación recibida por un ser humano es inofensiva. Puesto que no existen las "dosis umbrales", tampoco existirán las "dosis permitidas" de radiación. Ninguna dosis puede ser permitida, ya que cualquier cantidad produce cáncer.

No se debería permitir que Laguna Verde operara, porque todo el tiempo emitirá radiactividad al medio ambiente.

En el medio ambiente hay también materiales que emiten rayos alfa, beta y gama, como el gas radón, el uranio, el kriptón, etc. Pero son menos peligrosos que los materiales radiactivos artificiales debido a que sus concentraciones son bajas y aisladas, y a que su entrada es en general distinta a los elementos que se fijan en el cuerpo humano.

También nos llegan radiaciones del espacio exterior, producto de las explosiones solares: los "rayos cósmicos" Su intensidad aumenta con la altura del lugar, pues los rayos atraviesan una capa más delgada de aire. Pero, a diferencia de los materiales radiactivos de una planta nuclear, la radiación cósmica no se almacena en el organismo. Por esta razón no se pueden comparar los efectos de la radiación cósmica con los de una plantas nuclear.

Es falso, entonces, afirmar que los materiales radiactivos de una planta nuclear producen una radiación adicional menor, que la radiación adicional resultante por mudarse de Laguna Verde a Jalapa, o al DF, debido a los rayos cósmicos.

De todas maneras las radiaciones naturales no dejan de ser peligrosas. Se las supone responsables del 10% del total de las muertes por cáncer.

Por tanto, cualquier aumento artificial en los niveles naturales de radiación representa un riesgo intolerable.

Hay reportes que indican aumentos de cáncer alrededor de plantas nucleares operando normalmente.

Ahora bien, la planta nuclear genera en el reactor desechos radiactivos de alto nivel (el combustible usado), muy peligrosos, que deben almacenarse de manera segura.

Dado que su actividad dura decenas y hasta centenas de miles de años, puede afirmarse que no hay, ni pueden haber medidas técnicas adecuadas para resolver el problema, ni tampoco instituciones sociales para su vigilancia que puedan sobrevivir tanto tiempo.

Hay que agregar la cuestión ética de heredar un problema sin solución a decenas y hasta miles de generaciones venideras.

Ninguno de los métodos de almacenamiento de desechos es adecuado. El método sueco de vitrificación de los desechos, y su enterramiento en roca granítica a 600 metros de profundidad, resistiría cuando más un periodo de entre 50 y 100 años, de acuerdo a las críticas especializadas.

También existe el problema de la no proliferación de armas nucleares. Laguna Verde producirá cada año unos 240 kilos de plutonio-239, con los que se podrían fabricar 30 bombas atómicas, similares a las que destruyó Nagasaki el 9 de agosto de 1945.

El gobierno mexicano no sabe qué va a hacer con los desechos radiactivos de alto nivel, ni con el plutonio. Por lo pronto se van a almacenar durante 10 años en una piscina dentro de la planta. . . "y luego se verá qué hacer con ellos". Esperan que para entonces los países más nuclearizados descubran una "solución" técnica adecuada (o basureros en selvas y desiertos de países pobres). Los basureros nucleares diseñados hasta ahora, se calculan a un costo de varias decenas de miles de millones de dólares en EU y en Europa. México no dispondrá de tales cantidades de dinero.

La venta del plutonio de Laguna Verde al extranjero traicionaría las intenciones desnuclearizantes del Tratado de Tlatelolco, del cual México es firmante y principal promotor.

En trece estados de los EU se permite la construcción de plantas nucleares, sólo si se encuentra solución segura al almacenamiento de los desechos radiactivos.

Otros desechos serán de alto, medio y bajo nivel, como válvulas, tuberías y otros equipos contaminados, o las ropas o herramientas de los trabajadores, etc., pero también tendrán que ser almacenados de forma segura, por muchos años.

Las fugas radiactivas, sean por operación normal o por accidente, no se ven, ni se huelen, ni se sienten, hasta que es demasiado tarde.

¿Cuánto cuesta un accidente nuclear grave?

La emisión de materiales radiactivos al ambiente será, desde luego, mucho mayor en caso del peor accidente.

El Laboratorio Nacional de Brookhaven de los EU estimó en 1965 que en un accidente nuclear grave:

- Morirían 45 000 personas al corto plazo.
- 100 000 quedarían heridas.

pie de página

Algunas objeciones a Laguna Verde Nuclear

Mariano Morales

Las múltiples objeciones planteadas a la puesta en marcha de la planta nuclear de Laguna Verde pueden ser agrupadas en los siguientes rubros: políticas, económicas, ecológicas y de riesgos de catástrofe.

Centrarse nada más en los posibles riesgos de catástrofe es no ver más allá de lo evidente; quizá sean las otras las principales objeciones.

Los cuestionamientos políticos son planteados así:

1. La puesta en marcha de la planta nuclear de Laguna Verde pone en evidencia las formas mexicanas de la política gubernamental: pasar por encima de la opinión de la sociedad civil, no considerar la opinión de los científicos del ramo, dejar en cúpulas burocráticas la toma de decisiones que debieran competir a la sociedad entera.
2. Pone en duda la soberanía nacional, además de atentar contra la autosuficiencia energética de México. Las reservas de uranio comprobadas son escasas; cara a un desarrollo de la industria nuclear se requeriría en un plazo breve de grandes importaciones de uranio. Además el hecho de usar reactores de uranio enriquecido obliga al tratamiento del uranio en los EU, que ya en alguna ocasión nos castigó negándose a tratar nuestro uranio como represalia política. Este tipo de tecnología pone nuestra autosuficiencia energética en manos de los EU.
3. Contribuye a perpetuar la desigualdad social, los esquemas de desarrollo centralizado y el abandono de la comunidad rural. El 25% de la población —1 de cada 4 mexicanos— carece de energía eléctrica por habitar en pequeñas comunidades rurales. El proyecto de electrificarlas está prácticamente abandonado por la CFE puesto que "no le resulta rentable" Al mismo tiempo el proyecto de Laguna Verde aparece como un proyecto multimillonario, para nada enfilado a ese problema puesto que hoy se calcula el km. de cableado

SEMBRADOR ETERNO ■ Ahumada

•Se inutilizaría por contaminación radiactiva, por decenas y hasta por centenas de años, una superficie igual a la del estado de Pensilvania (que es una vez y media la superficie del estado de Veracruz).

•Los daños a la propiedad serían de unos 17 mil millones de dólares (del año de 1965).

El peor accidente se definió como aquel en que un reactor grande se funde por fallas en el sistema de enfriamiento. Las explosiones de vapor rompen los contenedores y la radiactividad escapa hacia la población cercana.

Los cálculos de laboratorio de Brookhaven podrían parecer exagerados, pero su comparación con los costos de Chernobyl, el que no se acercó ni con mucho, al peor accidente, indican que tales predicciones no lo son.

¿Qué impacto preoperatorio tiene ya Laguna Verde?

Aun antes de que la planta de La-

de la red eléctrica en por lo menos seis millones de pesos.

4. Atenta contra el desarrollo científico y tecnológico independiente. Determinaciones como la de clausurar el centro de ingeniería de reactores, de la mano con las de comprar (para un supuesto "móntese y úsese") plantas hechas (de tecnología obsoleta, eso se verá más adelante) frena el desarrollo de la ciencia, la ingeniería y la tecnología nucleares en México, incrementa la dependencia científica y tecnológica. . .

Económicos:

1. La CFE es la segunda entidad más endeudada del país (11 000 millones de dólares), como ya se dijo 20 000 000 de mexicanos carecen del servicio de energía eléctrica, y el camino optado es el del endeudamiento y la centralización.
2. El kilowatt de electricidad producido por la planta de Laguna Verde tendrá un costo de 10 dólares. Sin tomar en cuenta el tendido de las redes eléctricas, de todos modos, resulta excesivamente más cara que la hidroeléctrica y la geotérmica, por ejemplo. La nucleoelectricidad es absolutamente antieconómica para las condiciones de México, hoy.
3. Dado que no sea casual que en este momento no exista país alguno, salvo México, estableciendo nuevas plantas nucleares, las únicas ventajas económicas previsibles de la nuclearización de México, las recibirá la empresa constructora de reactores, hoy en crisis y demandada multilateralmente, la cual vería resueltos sus problemas de aquí al fin de siglo.
4. Los planteamientos en torno a las políticas de ahorro petrolero (su sustitución por otras formas de extracción de energía) que se argumentan en la actualidad, parecen provenir más bien de los requerimientos de *disponibilidad inmediata* de petróleo por parte del vecino país del norte, que de el que hoy se tenga conciencia sobre la necesidad de su economía.
5. Es inútil investigar o desarrollar el tipo de tecnología nuclear empleado en el reactor de Laguna Verde. ¡Es inútil abordar una tecnología en obsolescencia! El desarrollo de la ciencia y la tecnología nucleares camina ya por otros derroteros: el estudio de reactores inherentemente seguros,

guna Verde entre en operación, su impacto ya se deja sentir en varios aspectos.

Los precios de las mercancías han subido localmente por causa de los altos salarios de los técnicos de la planta, en relación a los sueldos normales de la zona.

Pero el congelamiento, durante tantos años, de las enormes cantidades de dinero invertidas en Laguna Verde también ha derivado en aumento del precio de las mercancías, al distraer fondos para inversiones que podrían haber incrementado la oferta de satisfactores (bajando los precios, por lo tanto). En otras palabras, Laguna Verde ya ha contribuido al aumento de la inflación loca, y la nacional.

La prostitución y la disgregación social locales también se han intensificado desde el inicio de la construcción de la instalación.

Muchos habitantes han empezado a vender sus propiedades, antes de que bajen más de precio conforme se acerca la fecha de operación comercial de la nucleoeléctrica.

A nivel nacional, Laguna Verde se ha convertido en un problema político que ya nadie puede soslayar. Pone en duda incluso la legitimidad del gobierno, por impulsar un proyecto que no es del agrado de la mayoría de la población.

¿Qué ha dispuesto el gobierno para indemnizar a la población, en caso de accidentes nucleares?

La Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares del 31 de diciembre de 1974 establece que:

•La máxima cantidad con que se indemnizará a toda la población afectada no rebasará un máximo de 100 millones de pesos, independientemente de la magnitud del accidente.

Compárese esta cantidad con los costos estimados para el peor accidente según el estudio del laboratorio de Brookhaven, o con los

Qué difícil es entender la inmensidad de energía contenida en el relativamente pequeño núcleo de un reactor, y el infinito riesgo que significa controlarla. En el pasado fuimos capaces de aprender de nuestros errores tecnológicos ¡CON LA ENERGÍA NUCLEAR NO PODEMOS PERMITIRNOS ESE LUJO!

Dale Bridenbaugh, técnico nuclear de la General Electric, durante 23 años (hasta de su renuncia, 1975).

---

en los que ésta no se confía a operadores ni a equipos electromecánicos sino a las propiedades físicas (PIUS, HTGR, IFR, PRISM).

6. Varias nucleoeléctricas con construcción ya avanzada en un 80 y 90% han sido transformadas a carboeléctricas y gaseoeléctricas, considerándose esto buena decisión económica.

Sobre las propuestas

Varias han sido las propuestas enarboladas, como varias han sido sus fuentes de origen (desde los que están en contra a todo uso de la energía nuclear, hasta los que piensan que es necesario que México desarrolle también esa fuente alterna de energía, sólo que no en bases tan resbaladizas como se plantea en la actualidad), algunas de ellas son las siguientes:

1. Atender las inquietudes de una sociedad civil que merece todo el respeto y que tiene absoluto derecho de ser tomada en cuenta en la muy riesgosa decisión de poner en marcha la planta nuclear de Laguna Verde.
2. Someter a la sociedad civil (y en particular a la comunidad científica) el susodicho Plan de Emergencias y Contingencias, que hasta la fecha la CFE no ha dado a conocer.
3. Sobre esas bases hay propuestas más específicas como la de convertir a la planta de Laguna Verde en una planta gasoeléctrica generadora de corriente o de una carboeléctrica (en ambos casos acompañadas de una demanda a la General Electric); hasta las que proponen crear ahí un museo nacional de las aspiraciones de modernidad de la clase política mexicana y de sus equivocadas políticas de transferencia tecnológica. (*Excélsior, Proceso, y La Jornada.*)

costos del Chernobyl.

•Las reclamaciones por daños a la salud pierden vigencia a los 10 años de ocurrido, el accidente (a pesar de que la mayor parte de los afectados, decenas y hasta centenas de miles, como en Chernobyl, desarrollarán cáncer más allá de los 10 años).

•La ley no define lo que es "enfermedad por radiación", ni fija un procedimiento (un reglamento) para demostrar que fue causada por percance nuclear.

Ocurrido el accidente, la ley deja desprotegida a la población en cuanto a resarcimiento por daños.

El gobierno tampoco cuenta (ni puede contar) con planes de evacuación funcionales, operativos, para las poblaciones pequeñas cercanas a la planta, ni mucho menos contempla (en parte por el reconocimiento técnico de su imposibilidad) la evacuación de ciudades tan populosas como el puerto de Veracruz (con más de un millón de habitantes), o Jalapa (con más de 400 mil habitantes).

Poblaciones como Alto Lucero, al igual que muchas otras, ni siquiera cuentan con carreteras de acceso.

En Estados Unidos, y en otras partes del mundo, sólo se permite que opere una planta nuclear cuando hay un plan efectivo de evacuación para la población. Así, la planta nuclear de Shoreham, cercana de Nueva York, no puede entrar a funcionar a pesar de haberse terminado hace tiempo. Además, la compañía dispone que la evacuación sea sólo hasta 16 km alrededor de la planta, en tanto que las autoridades del condado quieren hacerla extensiva hasta 30 km del reactor, en atención a la experiencia de Chernobyl, donde 135 mil personas fueron evacuadas más allá de esa distancia. Este conflicto hace improbable la apertura de la planta.

Sólo porque no hay, ni puede haber, planes de evacuación para la población veracruzana, la planta Laguna Verde jamás debería entrar en operación.

¿Qué tan segura es la planta de Laguna Verde?

La planta de Laguna Verde es, en realidad, una auténtica *bomba de tiempo,* por las razones siguientes:

•Por los defectos de diseño que tienen las plantas de General Electric.

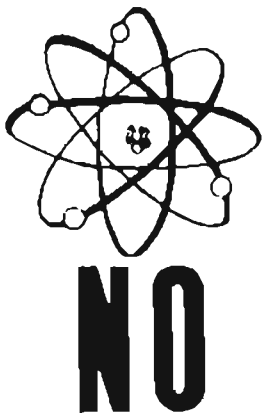
La General Electric ha comercializado tres modelos, los Mark I, II, y el Mark III. Laguna Verde tiene el modelo Mark II. En la serie se han incorporado sucesivas modificaciones técnicas, pero los tres modelos tienen una falla común de diseño: el sistema de contención por "supresión de la presión", el cual consta de una alberca dentro del contenedor primario (dentro del que está la vasijas de metal del reactor). La alberca tiene la misión de condensar el vapor resultante de la ruptura de una tubería conductora, para que la sobrepresión no rompa el contenedor primario y no escape la radiactividad al secundario, de ahí al medio ambiente. Chernobyl disponía de un sistema similar. Desde 1958 se sabía que tal diseño ni siquiera podría evitar el accidente para el cual estaba indicado, pues cualquier falla en el aislamiento (una puerta abierta, fracturas, etc.) anularía el mecanismo de condensación del vapor.

La alberca de supresión de la presión se introduce para reducir el volumen del contenedor primario, a fin de bajar los costos de construcción (y poder competir con Westinghouse); pero la reducción aumenta el peligro de ruptura, en comparación con un contenedor más grande, pues en éste el vapor escapado se alojaría a menor sobrepresión, por su mayor volumen.

La reducción del contenedor

Por la razón o por la fuerza, LV entrará a operar.

(Resumen de las declaraciones públicas de la CFE, SEDUE y SEMIP, hasta la fecha.)



. . .La vertiginosa proliferación de plantas nucleares, que una vez fue brillante esperanza compartida por toda la humanidad, yo incluído, es ahora una de las nubes más horrendas que se ciernen sobre los Estados Unidos de Norteamérica.

David Lilienthal, director fundador de la Comisión de Energía Atómica de EU, ante el Congreso, 1980.

primario aumenta, por otra parte, el peligro de explosiones de hidrógeno (como en La Isla de las Tres Millas). En efecto, si el zircaloy que recubre a las barras de combustible llega a calentar demasiado porque falle el sistema de refrigeración, puede descomponer el vapor de agua en sus dos componentes, hidrógeno y oxígeno, de tal suerte que en un volumen reducido se llega más rápido a la concentración crítica del hidrógeno, para que explote.

Los diseños no están capacitados para enfrentar sobrepresiones resultantes de la generación masiva de dióxido de carbono, y otros gases, productos de la interacción del núcleo fundido del reactor y el concreto del contenedor. Estas sobrepresiones podrían romper

Un peligro general de todas las plantas nucleares lo constituye el sistema de enfriamiento de emergencia el núcleo del reactor. Se supone que el sistema actuaría en caso de fallar la refrigeración normal del reactor. Pero hasta la fecha el diseño ha sido probado nada más en el papel, y las pruebas experimentales que se condujeron a escala, en los Estados Unidos, fallaron todas.

Ha circulado profusamente al interior de los organismos nucleares responsables del gobierno de Estados Unidos, y de la propia General Electric, información técnica indicando que las plantas nucleares de GE "no son un producto de calidad" (reporte Reed), y que sería necesario impedir su venta para evitar catástrofes mayores.

Desde 1972 constan las críticas al sistema de contención "por supresión de la presión", en documentos internos de la Comisión de Energía Atómica de EU, y la conclusión de que "sería conveniente prohibir la venta de plantas con tales diseños". La información secre-

Seguridad pública, desconfianza política

Georgina M. Rangel*

"Todos somos responsables", puede decirse que en efecto todos somos responsables, sin embargo hay de responsabilidades a responsabilidades. Conviene referirse, para esclarecer, a cuatro situaciones relacionadas con la seguridad de la población civil, de grandes implicaciones político sociales:

I. La responsabilidad de los funcionarios

Para nuestra desgracia, hemos sido testigos en pocos años del tipo de responsabilidad gubernamental sobre nuestra seguridad, sabemos hoy con unos cuantos casos cuál es la estima que tienen nuestras vidas para nuestros gobernantes:

- **1957.** Terremoto en la ciudad de México que destruyó construcciones en la colonia Roma y colonias aledañas. Se levantaron protestas pidiendo castigo a los culpables y recomendando no se construyeran edificios altos en esa zona, considerada desde entonces zona de alto riesgo.
- **1979.** Después del temblor que derribó parte de la Universidad Iberoamericana, el regente Hank González declaró que "las construcciones públicas están hechas a prueba de temblores. Vivimos en una ciudad altamente segura", dijo.
- En ese sexenio PEMEX gasta millones tratando de convencernos de que *no contamina*. Años después, en el sureste tenemos la zona más contaminada por hidrocarburos en el mundo.
- **1984.** En marzo de ese año murieron por un incendio 10 trabajadores de la planta PEMEX en San Juan Ixhuatepec. Los pobladores de la zona, una vez más pidieron la salida de PEMEX y las gaseras por peligrosas y por exponerlos a un grave riesgo.
- Durante años, los habitantes del edificio Nuevo León en Tlatelolco, exigieron al FONAPHO (encargado por el gobierno para el mantenimiento del edificio, dirigido en ese entonces por Roberto Eibenshuts), cumpliera con la encomienda, ya que el edificio co-

* Pacto Nacional de Ecologistas, CODEMEX, Ap. 12-1071, CP. 03020.

rría un grave riesgo por problemas de cimentación.

No voy a mencionar aquí lo que todos desgraciadamente ya sabemos, sólo diré que en estos casos, las voces "alarmistas", "ignorantes", "faltas de capacidad técnica" para opinar sobre problemas sísmicos, de seguridad industrial o de construcción, desgraciadamente tuvieron razón.

La actuación de los funcionarios de gobierno ha dejado mucho que decir. No escucharon las advertencias y dejaron de lado su responsabilidad.

Tal parece que los funcionarios mexicanos y sus asesores científicos, cuando asumen un puesto directivo, se convierten por obra y gracia del espíritu santo en *infalibles,* aunque a veces sus equivocaciones cuestan cientos de vidas. Cabe mencionar, entre paréntesis que en Italia el accidente de la presa costó, además de las indemnizaciones, cárcel a los responsables de la seguridad de la presa, y el puesto al ministro italiano que presentó su renuncia "por motivos éticos".

II. Responsabilidad y riesgos

La CNSNS (Comisión Nacional Seguridad Nuclear y Salvaguardas), creada en 1979, tiene entre otras funciones, la de establecer las normas de protección radiológica para la importación y el transporte de materiales radiactivos, función que quizá algún otro organismo gubernamental tenía antes de su creación:

- **1962,** un niño en Villahermosa, Tabasco, encuentra una fuente radiactiva, extraviada por una compañía de análisis; la lleva a su casa, lo que ocasionó la muerte de su familia incluido él, a los 39, 120, 150 y 151 días. Sólo sobrevivió el padre.

→

ta de la CEA fue obtenida mediante el Decreto de Libertad de Información, y publicada hasta mayo de 1986, por la Union of Concerned Scientists.

La conclusión de que GE no debería seguir vendiendo plantas por ser peligrosas e inseguras consta en el reporte Reed, conducido en 1975 por la división nuclear de la propia compañía, y publicado hasta mayo de 1987 por un diario norteamericano a raíz de los juicios que por fraude enfrenta GE, por parte de las compañías propietarias de las plantas nucleares de Perry y Zimmer, en el estado de Ohio.

A pesar de que el gobierno de EU y la GE sabían de las fallas en los diseños, mantuvieron la información en secreto, y siguieron vendiendo plantas nucleares.

Los juicios por fraude en contra de GE prometen liberar mucha más información que la contenida en los documentos de la CEA de 1972, y la contenida en el reporte de Reed de 1975.

Los abogados de las compañías han logrado reunir alrededor de cuatro millones de documentos internos de GE, en preparación de los juicios que tendrán lugar a inicios de 1988 en contra de General Electric.

El gobierno mexicano debería demandar a la GE por fraude, porque a sabiendas le vendió la planta la Laguna Verde con un diseño defectuoso.

Otros países, como el Japón, han modificado los diseños de GE para evitar las fallas originales, pero las plantas continúan teniendo los mismos defectos sustanciales.

Las plantas de GE son las que cuentan con el peor récord de accidentes en los EU, y por tanto tienen el menor "factor de planta" (o sea, el tiempo efectivo de operación), inferior al 50%.

- Ninguna planta nuclear en el mundo, ni Laguna Verde en particular, está diseñada para soportar todas las posibilidades que pueden conducir a un accidente nuclear grave.

A pesar de la evidencia experimental de los accidentes en plantas nucleares, los técnicos de CFE afirman que Laguna Verde está diseñada para que no ocurran accidentes. Seguramente las plantas de La Isla de las Tres Millas y Chernobyl también estaban diseñadas para funcionar a la perfección.

Las plantas nucleares son inseguras por su complejidad. Los agregados técnicos (como en las plantas japonesas) sólo consiguen aumentos pequeños en la seguridad. Pero la inseguridad permanece intrínseca. Por esto se empieza a hablar de plantas nucleares "intrínsecamente seguras" por industriales, funcionarios y técnicos pronucleares, para por medio de buenos deseos salvar una industria con inversiones multimillonarias, en peligro de extinción.

- Por la baja calidad del proceso de construcción de Laguna Verde.

Destacan el golpeo de la vasija del reactor, y los parches del contenedor de concreto. Estas dos anomalías fueron denunciadas a la revista *Proceso* por el director del proyecto de Laguna Verde en aquel entonces, el 27 de abril de 1981. El director expresó que la baja calidad de la construcción le hacía temer que pudiera ocurrir "lo que afirman los ecologistas" (respecto a un accidente nuclear de gravedad). Desde entonces a la fecha han venido sucediendo más y más anomalías, documentadas.

- Laguna Verde se halla en una zona sísmicamente activa. Por la región pasan dos de las más importantes fallas geológicas del país, y a sólo unos kilómetros se encuentra situado un volcán activo.

- Nadie en el mundo, ni los técnicos de la CFE, saben cuál es la probabilidad de que ocurra un accidente grave en Laguna Verde, ni tampoco conocen el posible daño

para la región, y el resto del país. A pesar de esto, la CFE continúa afirmando que Laguna Verde no representa peligro ni daño alguno.

•Las estimaciones para la probabilidad de un accidente nuclear grave, en los Estados Unidos, son del 45% antes del año 2000. El valor fue calculado a partir del comportamiento real de la industria nuclear, en un estudio de la Comisión Reguladora de lo Nuclear en febrero de 1986, y publicado por el comisionado Asseltine en el presente año. El valor corresponde al triple de la probabilidad de tener "éxito" en la ruleta rusa; es decir, casi igual a poner 3 balas en el tambor de un revólver, disparar sobre la sien, y acertar.

No hay ninguna razón para suponer que Laguna Verde será más segura que las plantas de EU. Menos aún si consideramos que la tecnología nuclear nació en ese país, el que cuenta con mayor infraestructura científica, técnica e industrial, para un mejor récord de seguridad. Sin embargo, ha sido precisamente en los países nuclearmente más adelantados, EU y URSS donde se han presentado los peores percances nucleares.

Todos los cálculos de probabilidad de accidentes nucleares son falsos, porque se basan en que las componentes de una planta pueden fallar de manera independiente, cuando en realidad no sucede así (como quedó demostrado en La Isla de las Tres Millas, o en Chernobyl). Normalmente unas fallas se conectan con otras. Algunas de las probabilidades de falla para ciertas componentes son teóricas, porque no hay experiencia de operación, como es el caso del sistema de emergencia de enfriamiento del núcleo. Por esto, el cálculo que concluye que morir por accidente nuclear es tan improbable como morir por aerolito, es pura fantasía. Pero en estas fantasías basan los pronucleares de CFE su propa-

•A un técnico de rayos X le fue robado su equipaje en un tren que se dirigía a Salamanca, dentro de su maleta transportaba ilegalmente material radiactivo. La maleta fue localizada 18 meses después.

•Una unidad móvil de rayos X sufre un accidente en Catemaco, Ver.; el chofer agonizando pide a un campesino que se haga cargo de la carga radiactiva. El campesino relató que intentó abrir la caja de plomo y al no lograrlo la tiró al río.

•**1974.** Francisco Juárez de 14 años de edad, se encontró tirado un "fierrito" en el acueducto que pasa cerca de su casa. Francisco perdió una pierna, quedaron todos sus cromosomas rotos, ocho personas más, entre ellos sus hermanos pequeños, sufrieron lesiones de primer grado en cara y boca.

•**1984.** Por una situación fortuita, el 16 de enero en los EU se descubrió lo que iba a ser calificado como el *peor accidente radiológico* en la historia de norteamérica: el ca-

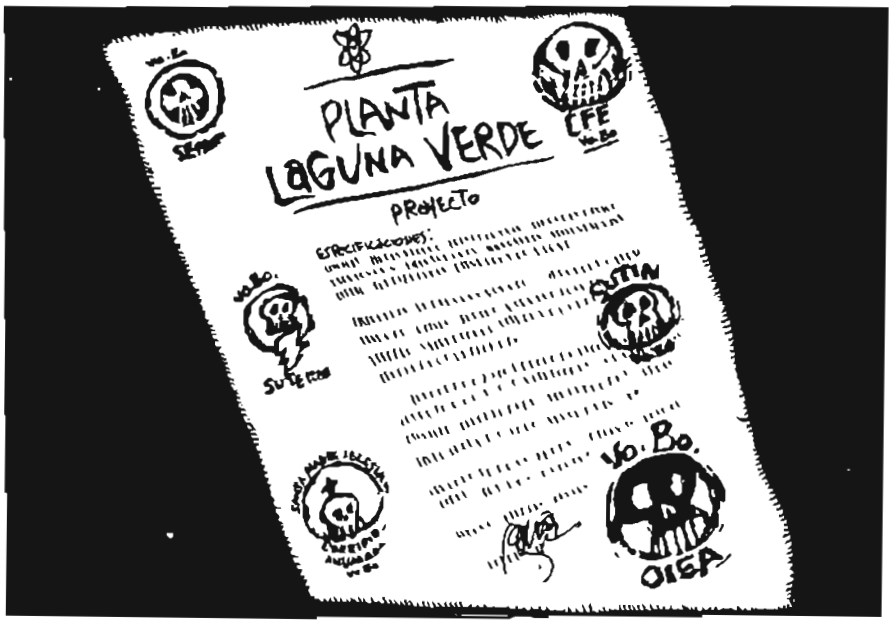
7o. Congreso Interamericano de Prevención de Riesgos en el Trabajo, celebrado en Oaxtepec en 1984, el representante de la CNSNS manifestó que fueron dos las conclusiones a las que llegaron después de evaluar el caso de la varilla:

1. La simbología está hecha por técnicos, para técnicos y no es del dominio público.
2. El elemento humano es *extremadamente importante.*

Aunque la CNSNS trató de minimizar las consecuencias del accidente, el IMSS el mes pasado reconoció que el accidente de la varilla fue más grave de lo que se previó.

¿Qué ha hecho la CNSNS para disminuir estos dos factores para la protección poblacional?

Desgraciadamente, para el gobierno y sus organismos responsable de la seguridad civil, así como para sus asesores científicos, los ciudadanos somos aún menores de edad, casi niños, inmaduros para exponernos a informaciones "fuertes", se nos considera incapaces de



Magú/La Jornada.

responder ante situaciones de alarma. Esa posición no denota más que un gran menosprecio hacia la capacidad de su pueblo. ¿Con que calidad moral la CNSNS dice que Laguna Verde es segura?

En el terremoto de 1985 la población demostró que aún sin comprender exactamente qué estaba pasando, fue mucho más capaz y se comportó a una altura que el propio gobierno, sus funcionarios y sus asesores científicos no pudieron llegar.

III. Responsabilidad legislativa

- La Ley de Responsabilidad Civil en caso de daños nucleares, de 1974, establece, como tope máximo 100 millones de pesos para indemnizar a *todos* los afectados (en propiedades y vidas), dado el caso "fortuito" de que ocurra un accidente en Laguna Verde, por muy grave que sea. Establece también que el plazo para cualquier demanda vencerá 10 años después de ocurrido el accidente; marca también los mecanismos para determinar si el daño fue causado por el "incidente"
- Sergio Espinoza de los Monteros trabajó en el Centro Nuclear de la UNAM de 1974 a 1979. Médicos del ISSSTE le diagnosticaron anemia, esterilidad, rompimiento cromosómico y otras alteraciones. El 15 de diciembre de 1978 presentó una denuncia ante la Procuraduría de la República por lesiones que le causó el irradiador del Centro. Finalmente el 14 de junio de 1984 fue indemnizado por "incapacidad parcial permanente" con $482,870.00.

Muchas preguntas pueden dirigirse a los defensores de la energía nuclear. Si este tipo de energía es

ganda de que Laguna Verde es segura y que el riesgo es mínimo, cuando no nulo.

Si no tiene sentido afirmar que la probabilidad de un accidente grave en Laguna Verde es pequeña, menos lo tiene comparar esa probabilidad con la de accidentes por otras causas, y afirmar que es más probable morir por accidente de auto, avión, etc., que por problemas de una planta nuclear.

Las plantas nucleares son también el blanco de acciones terroristas, las que ya han ocurrido en varios países del mundo, como España. Son asimismo un objetivo militar, con inmensas posibilidades de contaminación radiactiva, peores que en un accidente "normal".

Por las consideraciones anteriores, puede afirmarse que la probabilidad de un accidente nuclear grave en Laguna Verde no es pequeña, y que será sólo una cuestión de tiempo el que se produzca un evento de consecuencias catastróficas para nuestro país, y los otros países de la región.

Al momento de escribir este artículo son tres ya los países en donde se están demandando a las compañías constructoras de plantas nucleares. En Estados Unidos las demandas son en contra de la General Electric, en Brasil y Filipinas en contra de la Westinghouse. En todos los casos por fraude, por haber vendido plantas con diseños defectuosos, a sabiendas.

¿Realmente es necesaria la energía nuclear en México, y Laguna Verde en particular?

México no necesita la energía nuclear porque cuenta con recursos abundantes para generar electricidad: caídas de agua o hidroelectricidad (sólo se utiliza un 20% del potencial identificado, es decir, de la energía hidroeléctrica que es factible técnica y económicamente utilizar); el país es rico en sol, viento, geotermia, y biomasa (la energía que podría obtenerse de los resíduos agrícolas, urbanos y la madera). Estos recursos son, además, más limpios, menos caros y desde luego, mucho menos peligrosos que la energía nuclear. Por otra parte, son recursos prácticamente inagotables, a diferencia del uranio. Es decir, ellos podrían satisfacer a plenitud las necesidades de energía eléctrica del país, sin la preocupación de que algún día se agoten, ni de que puedan ser embargados, como ya pasó con el uranio enriquecido para Laguna Verde en tiempos de Carter.

Los recursos inagotables son todos renovables, con excepción de la geotermia, que utiliza al calor terrestre. Los renovables todo el tiempo se están recuperando por la acción del sol, como sucede con el agua, la que por el ciclo: lluvia-escurrimiento-evaporación, está siendo raciclada del mar y los lagos a las elevaciones montañosas y tierras altas, para utilizarse como hidroelectricidad a la bajada.

Algo semejante ocurre con la biomasa, debido a la fotosíntesis. Los vegetales pueden quemarse o, mejor aún, gasificarse, para generar electricidad y otras formas de energía en plantas especiales que ya existen hoy en día.

El consumo de la biomasa deberá hacerse a un ritmo menor al de su regeneración por la fotosíntesis solar. De lo contrario se propiciarían la deforestación, el empobrecimiento irreversible del suelo, y la degradación del medio ambiente en general.

Las tecnologías de los recursos energéticos renovables y la geotermia están probadas económicamente en los países altamente industrializados, y aún en los menos industrializados como México (con la geotermia), y Brasil (con la biomasa, por medio de la obtención de alcohol de la caña de azúcar y el eucalipto).

Aparte de su limpieza, inagotabilidad, economicidad y benignidad ecológica, las fuentes renovables de energía tienen otra enorme ventaja sobre el uranio: su carácter descentralizado. El sol ilumina sin discriminar, el agua es para todos donde llueve, el crecimiento de vegetales no reconoce fronteras, y el viento sopla en todas partes, prácticamente. Las técnicas necesarias para convertirlas a electricidad son factibles de apropiarse local, regional y nacionalmente, a diferencia del uranio. Por estas cualidades las fuentes renovables, descentralizadas, de energía son una alternativa real para que toda la gente disponga de ese bien tan preciado, y no nada más unos cuantos, los que consumen de manera intensiva preciosos recursos no renovables (como el petróleo), que a la naturaleza le llevó millones de años acumular, y que podrían dedicarse a otros fines.

Pero actualmente la mayor parte de la electricidad en México se obtiene de la quema de hidrocarburos (combustóleo y gas). Afortunadamente nuestro país cuenta con reservas abundantes de petróleo, pero no para un tiempo muy largo, puesto que el recurso se utiliza para producir muchos otros bienes (como fertilizantes, fibras sintéticas, plásticos, etc.), aparte de la generación de electricidad. De todos los usos del petróleo, sólo el 10% se dedica a la electricidad.

Las actividades en México están fuertemente petrolizadas, al representar el petróleo más del 80% del consumo total de energía primaria en 1986.

Se estima que el petróleo de las reservas probadas actuales se agotará por las primeras décadas del siglo entrante: de aquí a 30 ó 50 años. ¿Y después, qué? ¿Cómo se sostendrá la economía si las actividades económicas dependen tan extensamente del petróleo?

tan segura; si existe tan baja probabilidad de accidentes (en el caso de Laguna Verde según han dicho es *nula*), entonces ¿por qué no se ha modificado la Ley de Responsabilidad Civil y la legislación laboral al respecto? Porque si nunca va a ocurrir un accidente que afecte a la población civil o a los trabajadores ¿cuál es el problema para dejar abierto el plazo para las reclamaciones? En consecuencia debiera hacerse más expeditos los mecanismos de comprobación del daño ocurrido por un accidente nuclear o como consecuencia de trabajar con material radioactivo, también podrían agregarse unos cuantos ceros más a las indemnizaciones en caso de accidente.

¿Cuánto vale la vida de *un* solo mexicano muerto "en aras del progreso"?

Se calcula que en los próximos 50 años ocurrirán unos 29 000 casos más de cáncer, debidos al accidente de Chernobyl; pero como en ese mismo lapso de todos modos iban a ocurrir 250 000 cánceres, esa cifra sigue siendo muy pequeña, por lo que el accidente de Chernobyl es un invento de la prensa. (Técnico de Laguna Verde.)

IV. Responsabilidad laboral

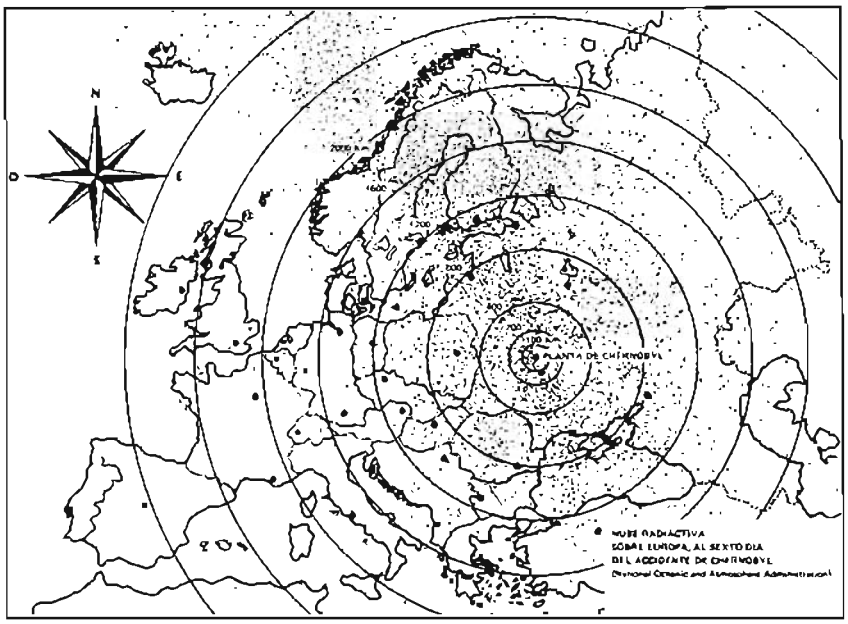
- Es de sobra conocido que los mineros del uranio mueren de cáncer pulmonar en mayor proporción que los mineros de otras ramas.
- El estudio elaborado por el Dr. Thomas Mancuso en la Planta Nuclear de Hanford (Washington) pretendía demostrar que los trabajadores expuestos a bajas dosis de radiación no presentaban problemas de salud. A pesar de que el estudio se amañó, con todo y eso, resultó ser falso. Gracias a las protestas del Sindicato Nuclear de EU y a grupos de científicos que colaboraron con los trabajadores, así como a los datos obtenidos bajo el Acta de Libertad de Información, se demostró que el *Informe Mancuso* no sólo estaba técnicamente mal diseñado, sino que fue transferido a otro investigador para ocultar que la dosis propuesta para los trabajadores incrementaba la frecuencia de cáncer entre ellos. El propósito del informe era político y económico y quería justificar, con un disfraz técnico el manejo de la energía nuclear en esa planta.
- Los trabajadores nucleares, por el hecho de serlo, presentan el doble de posibilidades de enfermar de varios tipos de cáncer, así como de presentar envejecimiento prematuro, dados los cambios degenerativos de sus células, músculos y otros órganos. Se ha observado que la esterilidad entre ellos es más frecuente. Es válido decir que los daños a la salud de los trabajadores de las plantas nucleares van a tener como un factor muy importante, el nivel de inserción que tenga el trabajador en el proceso de trabajo de la planta.
- Aun en condiciones óptimas el trabajo nuclear somete a los trabajadores a situaciones extremas

de tensión psíquica que a su vez elevan la posibilidad de desarrollar cierto tipo de enfermedades psicosomáticas como la úlcera, infarto, hipertensión, trastornos psíquicos, etc., que aumenta el desgaste, el envejecimiento y la posibilidad de accidentes laborales.

Esta posibilidad ocurre debido a que el control de los trabajadores es casi un control policiaco, donde las cuestiones de "seguridad laboral" se convierten en cuestiones de "seguridad nacional". En efecto los trabajadores de las plantas son revisados al entrar, durante y al salir del trabajo. Frecuentemente son sujetos a situaciones de verdadero terrorismo laboral y desgraciadamente a extremos que han costado vidas a compañeros que han querido denunciar las violaciones a la seguridad laboral: el caso de Karen Silkwood es muy ilustrativo.

¿Cuáles son las medidas de seguridad en el trabajo que se han establecido para los trabajadores de la Planta Nuclear de Laguna Verde? ¿Qué estudios epidemiológicos en materia de salud laboral se han realizado por ejemplo en colaboración con la SSA y la STPS en los trabajadores de la planta?, ¿cuáles son sus resultados actuales y qué se prevé en cuanto a daños físicos y psicológicos para los trabajadores de la planta en dos casos: a) operación normal y b) en caso de accidente leve y grave? ¿En qué modelo epidemiológico se basaron para hacer estos estudios?

Sí, en efecto, todos somos responsables, sólo que algunos somos responsables, necios y tercos en defender el valor más grande que tenemos: la vida,y nuestros recursos naturales. Otros en cambio son *culpables* de llevar a la ruina y a la barbarie duradera a este país.



Es evidente que hay que encontrar, ahora, una alternativa a la dependencia de los recursos energéticos agotables, como el petróleo, del cual dependemos tanto. La opción tiene que hallarse pronto, porque la adaptación de una nueva tecnología, en todos los niveles de la producción económica, dura unas tres décadas por lo menos.

Contrariamente a lo que afirma el gobierno (SEMIP, CFE), la energía nuclear proveniente del uranio no es alternativa energética a los recursos inagotables en general (por ejemplo a los hidrocarburos), ni para la generación de electricidad en particular.

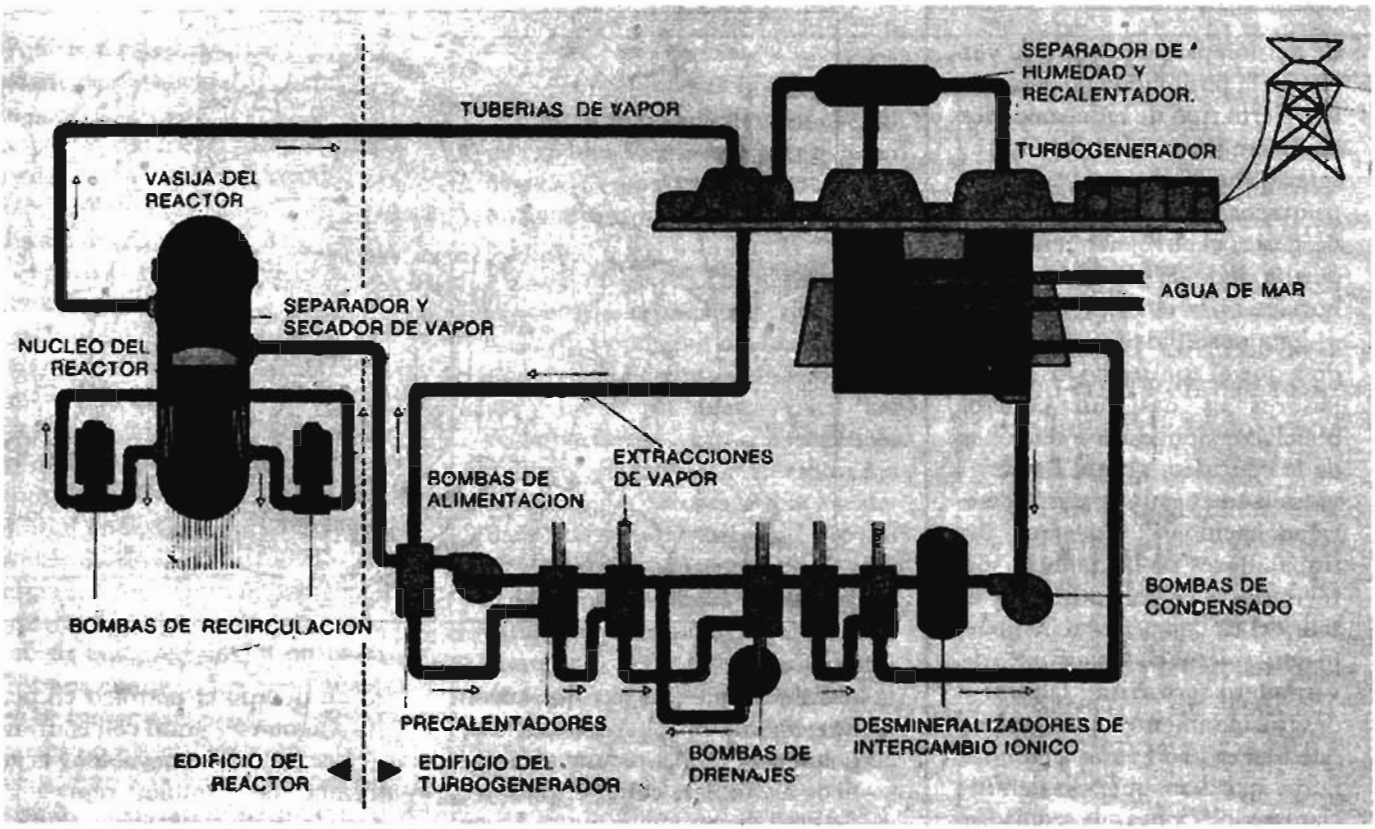
Primero, porque aunque todas las termoeléctricas que queman petróleo fueran sustituidas por plantas nucleares, a lo más se lograría desplazar el 10% de los usos totales del petróleo. En el 90% restante de los usos totales del petróleo, la energía nuclear nada podría hacer para desplazarlo.

Segundo, porque las reservas de uranio nacional apenas alcanzan para la vida útil de Laguna Verde, tiempo que optimistamente se supone ser de 30 años. En este lapso de tiempo el petróleo empezaría a agotarse, junto con el uranio.

Los recursos renovables y la geotermia, en cambio, representan una alternativa real al petróleo y los demás recursos agotables. De los recursos inagotables se obtienen, aparte de la electricidad, todas las otras formas de energía que son necesarias en las actividades económicas y domésticas, y hasta materias primas para otras aplicaciones. Dado que casi todos los productos derivados del petróleo se pueden obtener de la celulosa, la biomasa *sí es* una alternativa al petróleo en todos sus usos. Pero no el uranio.

En resumen, la alternativa particular al petróleo está en las fuentes inagotables: no en el uranio, que es agotable al corto plazo.

Porque se necesitan décadas para desarrollar las alternativas, es necesario tomar ahora las medidas adecuadas en la dirección correcta de tránsito: de las fuentes agotables a las inagotables. Hasta ahora el gobierno sólo ha procurado diversificar la dependencia de los hidrocarburos mediante el recurso agotable del uranio, impulsando la nucleoeléctrica de Laguna Verde,



pero suspendiendo proyectos hidroeléctricos y geotérmicos. La catástrofe futura es así inevitable, sea por crisis de suministro energético, o por accidente nuclear.

Por tanto, si el país no requiere de energía nuclear en general: ¿necesitará de Laguna Verde?

Pues tampoco, porque Laguna Verde, con el primer reactor, sólo aportará un 3% a la capacidad eléctrica instalada actual.

Nada más el gas asociado a la explotación petrolera, que se quema en la atmósfera sin beneficio, podría generar tanta electricidad como los dos reactores de la planta nuclear. Bastaría recogerlo, tratarlo químicamente y transportarlo a Laguna Verde, usando el gasoducto que pasa a unos cuantos metros, para darle un uso apropiado.

El tiempo que el gas asociado durará es aproximadamente el mismo que el del agotamiento del petróleo en el país; es decir, el gas durará varias décadas, mucho más que el tiempo supuesto de vida útil de 30 años de la nucleoeléctrica.

Para nosotras, como madres de nuestros hijos, LV es inaceptable. (Comité de Madres Veracruzanas.)

De Chernobyl a Laguna Verde hay Tres Millas. (Estudiante de la Fac. de Ciencias, UNAM.)

Si Laguna Verde no es necesaria ¿por qué se tomó la decisión de construirla?

Las justificaciones abiertas originales hablan de ahorro de petróleo, y acceso al progreso técnico.

Hace 20 años México empezaba a conformarse como un país importador de petróleo. Se desconocían, aparentemente, las enormes reservas de hidrocarburos, que empezaron a ser explotadas por el año de 1977. Los pronucleares dentro de la CFE pretextaron la necesidad de generar electricidad por medios nucleares, para desplazar la quema de hidrocarburos, de los que se dependería en un futuro cercano. (Nunca se pudo prever que la construcción duraría más de 20 años, ni que el balance en tér-

minos de petróleo sería negativo.)

Supongamos que se gastarán unos 3600 millones de dólares en total en Laguna Verde. (Según CFE, se han gastado ya 3500 millones de dólares). Aquella cantidad equivale a unos 300 millones de barriles de petróleo, a un precio promedio de 12 dólares por barril, calculado para los últimos 20 años desde el inicio del proyecto. Si acaso, la planta sustituirá unos 8 millones de barriles de petróleo al año (que de otro modo generarían electricidad en termoeléctricas), los que multiplicados por 20 años de vida útil (valor optimista) dan un "ahorro" sustitutivo de 160 millones de barriles.

Es decir, Laguna Verde nuclear habrá gastado antes de la inauguración 300 millones de barriles, pero sólo sustituirá 160 millones de barriles durante toda su vida útil. Por tanto, aun antes de iniciar su operación, ya tendrá un déficit de 140 millones de barriles.

Las calcomanías que repartieron diciendo que nadie murió en Tres Millas hoy parecen irónicas; pues la víctima más notable de ese accidente bien pudo ser la industria nuclear.
David Freeman, director de la Tennessee Valley Authority.

Pero hay otros gastos adicionales:

- Compra de uranio enriquecido durante la vida útil de la planta por 1100 millones de dólares, igual a unos 92 millones de barriles de petróleo.
- Gastos de desmantelamiento por 1000 millones de dólares, equivalentes a 83 millones de barriles de petróleo.

En total, el ahorro negativo de Laguna Verde, sin incluir gastos de mantenimiento, será de unos 315 millones de barriles de petróleo. Laguna Verde es un fraude energético.

La electricidad será todavía más cara por pagos de mantenimiento e importación de partes. Todo esto ocasionará eficiencia y tiempo de operación bajos, lo que redundará en alto costo de generación y malas condiciones de seguridad.

Por todo, la electricidad nuclear será la más cara de México, verdad que hasta la propia CFE reconoce.

Laguna Verde es un fracaso imposible de ocultar.

En cuanto al progreso técnico: *no puede haber progreso técnico* cuando la planta se compra a industrias trasnacionales, sin participación nacional en la componente nuclear.

pie de página

Del núcleo y otros desmanes

Cosme Ornelas

La ironía como abuso del poder

En algunos momentos, la sección *A pie de página* ha rendido —a veces consciente, otras inconscientemente— un sentido homenaje al licenciado Carlos Monsiváis y su desaparecida sección Por mi madre bohemios.

Suponíamos que la ironía, el humor y el comentario entrelineado sacaba a balcón a los dueños del micrófono (o del hoyito y las canicas, para ser más claros).

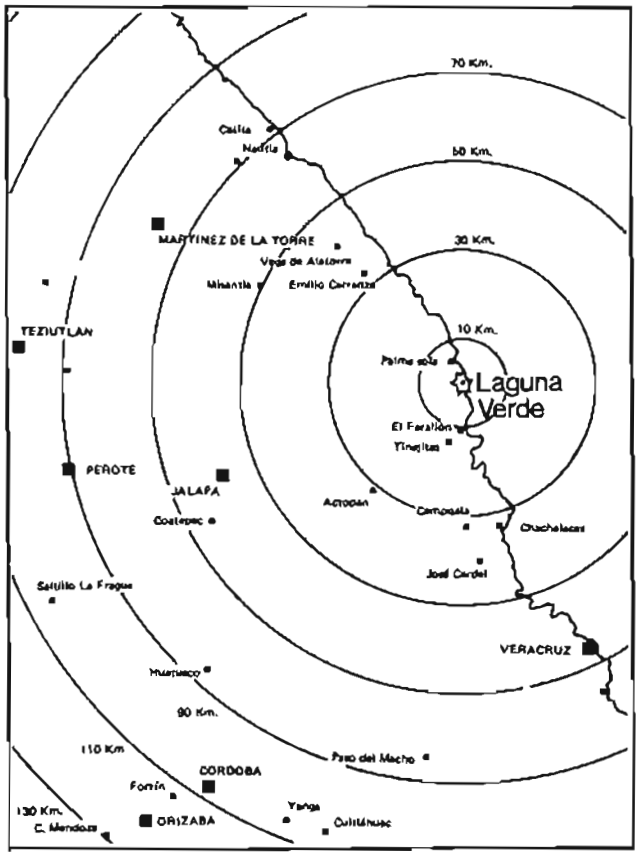
Recordar el humor de Guillermo Prieto en las batallas periodísticas y literarias de la Reforma; las caricaturas del grabador José Guadalupe Posada en la Revolución y su víspera; o los versos, en diferente sentido, de Novo y Leduc en la etapa de la revolución institucionalizada nos daban ánimos: el humor como la medicina más barata (y al alcance de todos) para mostrar desnudo al reyezuelo.

Sin embargo, la historia da vuelcos y las fuerzas vivas se modernizan para convertir (reconvertir) el humor horizontal y de abajo hacia arriba, en golpe seco y fulminante desde el vértice de la pirámide.

Tal es el caso de la "sociedad civil" veracruzana, encabezada por el Instituto de la Superación Tecnológica, la Unión Femenil Veracruzana y el Comité Cívico Popular del Barrio de La Huaca, quienes en un ¡SI A LAGUNA VERDE! y ¡EL PUEBLO VERACRUZANO POR EL PROGRESO!, desenmascaran "La nucleofobia: fracaso de una farsa política."

Entre sus argumentos pro nucleares resaltan los siguientes retratos de "los conspicuos nucleófobos":

- José Arias Chávez, el famoso "pirata", la "Catalina Creel" de la energía, el ajonjolí de todos los eventos antinucleares, líder del Pacto de Membretes Antinucleares. .
- Jorge González Torres. sus niñas le dicen el iluminado, proclama que su cruzada antinuclear fue un mensaje de la Virgen.
- Jacinto Viqueira y Young Larrañaga, la pareja atómica de ex funcionarios de la Compañía de Luz, nunca en sus veinte años de burócratas, mientras estuvieron "enchufados"



A lo más se conseguirá el adiestramiento de algunos técnicos en la operación de la planta. Se seguirá dependiendo técnica (y políticamente) del extranjero en cuanto a: combustible nuclear, refacciones, servicio y mantenimiento; sin olvidar la dependencia en el reprocesamiento y almacenamiento de los desechos radiactivos.

Tampoco significa "progreso" la compra de una planta que no llevará electricidad a los más de 20 millones de marginados del país, porque resulta muy cara la transmisión hasta los apartados lugares donde se encuentran, o porque sus bajos ingresos les impiden adquirir fluido eléctrico.

En vez, la nucleoelectricidad agudiza el abandono del campo, al crear más oportunidades de consumo energético en las grandes ciudades, a la vez que distrae cuantiosos recursos de inversión que crearían empleo en el sector rural.

---

en CFE criticaron el proyecto Laguna Verde. . .
• Mauricio Schoijet. Extranjero quien abusa de la hospitalidad de México, ni idea tiene de la cuestión nuclear. . . se refiere en forma despectiva de los técnicos mexicanos, de este país que lo alberga y le ha dado apoyo, no estaría por demás que las autoridades correspondientes estudiaran su situación.

hablar. . . como la Comisión Federal de Electricidad, las fuerzas vivas veracruzanas optan, dentro del humor, por la caricatura. . . Infantilizando argumentos ("¿Cree usted que Laguna Verde va a explotar como bomba? Pues fíjese que no"), o descalificando al oponente (con dosis de chouvinismo y humor tricolor) se gana la discusión de-mo-crá-ti-ca. (Desplegado aparecido en *Excélsior*, julio de 1987.)

El menos común de los sentidos

Cuando el intercambio de razones técnicas, científicas, políticas y económicas acaba por aburrir a tiros y troyanos, surgen como liebres del sombrero del mago las "razones del sentido común" Aquí, el filósofo aficionado, el sociólogo amateur y hasta el psicólogo silvestre (con curiosos tintes de *saber popular*) empiezan a hacer de las suyas.

En el caso de la nucleoeléctrica de Laguna Verde, Veracruz, los emisarios periodísticos del gabinete hacen lo imposible por desprenderse de retórica oficialista y quieren hablar claro. . . es decir, simplificar al máximo —vanalizar, dirían los mal pensantes— todo argumento.

Tal es el caso (entre otros, tantos, innumerables) de "Pedro Baroja", conocido, nebuloso, fantasmal artículista de la página editorial de *Excélsior*; periodista consciente, disciplinado y hábil para escribir de oídas ("usted dicte, Licenciado") que sabe de los beneficios del sentido común: para el señor "Baroja" la discusión en torno a Laguna Verde se reduce al "miedo al cambio": "Todo cambio genera oposición —dice profundo—. Esta es una de las constantes de la conducta humana", para luego bajar de la profundidad ontológica a la vida casera: "hay quienes recuerdan que cuando los combustibles petrolizados, rellenos de viruta se vieron desplazados por los calentadores de agua alimentados por gas butano, las abuelitas decían que eso era cosa del demonio y que resultaba muy peligroso y quien sabe cuántas cosas más."

Y después de la introducción sobre "las etapas de

Porque la nucleoelectricidad es la más cara de las opciones energéticas, es que se le ha abandonado como posibilidad en muchos países. En Estados Unidos, uno de los países de origen, no hay nuevos pedidos de plantas desde 1978, y a la fecha se han cancelado unos 114 reactores, en distintos estados de avance en su instalación. General Electric y la Westinghouse ya no fabrican plantas desde 1985. Con excepción de la Unión Soviética, Francia y Japón, algo similar ocurre en el resto del mundo. En estos tres países las pérdidas nucleares son asimiladas por las subvenciones estatales.

Otra razón posible para construir Laguna Verde podría ser el prestigio, para mal parecernos a las naciones altamente industrializadas, y para no "quedarnos atrás" de los otros países en vías de desarrollo (más bien, en subdesarrollo sostenido), como Argentina y Brasil. En estos dos países las plantas nucleares han sido también un rotundo fracaso.

Las nucleoeléctricas empiezan a abandonarse en unos y otros países no sólo por razones económicas, sino también por su peligrosidad.

En junio de 1987 Argentina cerró sus dos plantas nucleares por tiempo indefinido, lo mismo que el Brasil en julio del mismo año, para que no "ocurriera lo mismo que en Chernobyl". Por lo mismo, en Filipinas no entra a operar la planta de Baatán.

La "modernidad", en su sentido técnico, social y económico, significa el abandono de la energía nuclear, y el acceso a las fuentes inagotables de energía.

Laguna Verde se compró, quizá, para salvar a la industria nuclear norteamericana en crisis, para que ganaran dinero los contratistas nacionales y los líderes sindicales electricistas, para satisfacer a los ideólogos que ven en lo nuclear el progreso técnico, o simplemente para acceder a enormes ganancias por la sola firma del contrato (como sucedió en Irán con el Shá, y en Filipinas con Marcos).

La última justificación de CFE es que Laguna Verde no puede pararse "porque se ha invertido demasiado en ella". O sea, con lo irracional del enorme gasto se justifica la irracionalidad intrínseca del proyecto nuclear. Sorprende que CFE insista en la compra de más plantas nucleares para Veracruz.

¿Oponerse a Laguna Verde nuclear significa oponerse al progreso?

Si el progreso técnico lo definen las compañías trasnacionales de la energía, entonces, el avance marcha en dirección al desarrollo de las fuentes inagotables de energía (renovables y geotermia), aunque en su opción centralizada generalmente, y hacia el abandono de la ener-

---

la evolución de la ciencia" y las abuelitas mochas, le entra duro con los antinucleares:

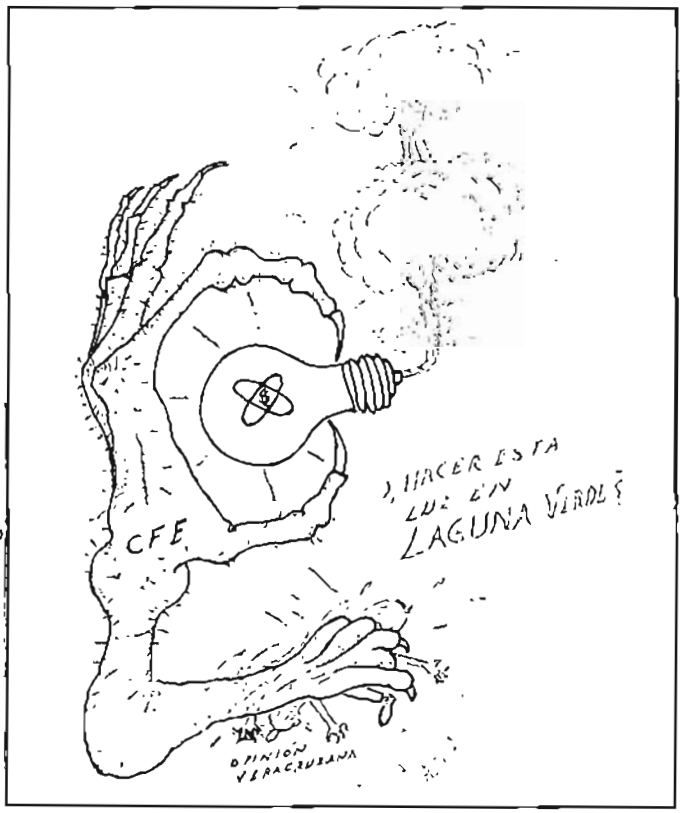
1o. descalificando a quienes no se opusieron desde un principio a la planta nuclear ("un pretexto para buscar notoriedad política");

2o. minimizando la peligrosidad de los accidentes de Tres Millas, EU, y Chernobyl, URSS ("no han sido de la magnitud que los críticos les atribuyen"), y

3o. despreciando el temor de la población ("actitud en la mayor parte desinformada y prejuiciada") ante la era nuclear ("neurosis generalizada por parte de quienes se dejan llevar por la corriente"). . .

. .Todo esto para volver a caer en los prados suaves del sentido común. "Si el hombre va a dejar de hacer las cosas porque son peligrosas, mucho de lo que hoy conforma nuestra vida diaria ni siquiera existiría." Y pone varios ejemplos: del peligro que corre quien se sube a un avión; del riesgo que se corre al cambiar un fusible o al conectar una lámpara; de la muerte envuelta en cada taco de buche y en cada tirada de los dados del erotismo "indiscriminado". (Aquí, los redactores de *A pie de página* se declaran incompetentes para ironizar).

Pero además, el *ghost writer* "Baroja", en una



AMC/Cartel contra Laguna Verde.

gía nuclear. Es una realidad técnica y económica la generación de todas las formas de energía como se requieren en las actividades económicas, a partir de las fuentes inagotables. Pero en la opción centralizada las poblaciones marginales, las más pobres, no pueden acceder a tales tecnologías, por lo que *no* representan un progreso social.

Por ello el progreso, en sus sentidos técnico, económico y social, se define por el desarrollo de las tecnologías de los recursos inagotables, en su opción descentralizada (*tecnologías apropiadas*). Los avances mundiales en el campo muestran que las tecnologías apropiadas son una realidad.

La identificación de la energía nuclear con el "progreso" corresponde a viejas ideas de principios de los 50's, cuando Eisenhower lanzó el programa de "átomos para la paz" El objetivo era lavar las culpas norteamericanas por los asesinatos de Hiroshima y Nagasaki, generar plutonio más barato para bombas, y hacer un negocio que se pensaba gigantesco. Ninguno de estos tres propósitos se ha conseguido.

Dibujo: Rogelio Naranjo. Postal a los Pinos.

¿Cuáles son las diferencias entre los riesgos de Laguna Verde y los de otras técnicas (aviones, automóviles, planchas eléctricas, etc.)?

El argumento pronuclear afirma que toda tecnología conlleva riesgos, y que por un beneficio dado hay que aceptar el peligro y sus riesgos.

La verdad es que al conectar una plancha eléctrica, viajar en automóvil, camión o en avión, la persona incurre en riesgos conocidos, que son aceptados por voluntad propia a fin de lograr un beneficio.

En la operación de una planta nuclear es un grupo de funcionarios y empresarios el que somete a toda la población en contra de su voluntad a los riesgos, por demás desconocidos en el caso de Laguna Verde.

---

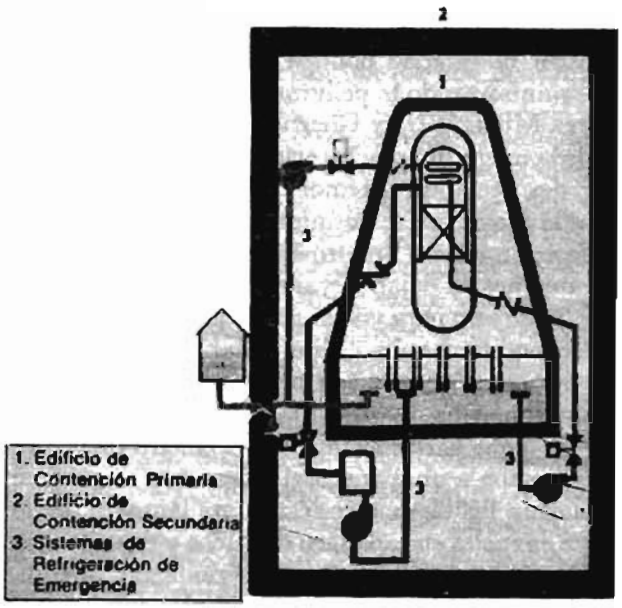
inmejorable mezcla de sentido común, buena memoria y escritura automática o nucleotextualidad ionesquiana arremete: "las gastroenteritis y parasitosis llevan a la tumba en México a más ciudadanos de los que fallecen por el cáncer o cualquiera otra de estas perniciosas enfermedades" (¡Claro! ¡Nosotros también teníamos una tía que no jugaba basquet porque era lampiña!)

Y en este juego poético y detectivesco del sentido común, tenía que llegar la frase célebre: "El progreso de la humanidad no puede estar sujeto al triunfo del temor" Es de suponer que tiene razón. Lo alarmante de todo, más que el peligro nuclear o el triunfo del temor, es que desde las oficinas de prensa del Ejecutivo se disfrace de sentido común al triunfo de la razón autoritaria. (*Excélsior,* agosto de 1987.)

La vida no es negociable

Irreductible y radical, en diciembre de 1986 un pequeño grupo de ecologistas, intelectuales y artistas, entre ellos Ofelia Medina, Feliciano Béjar, Gustavo Esteva y Fernando Ortiz Monasterio, dieron a conocer un documento en el que argumentaban su oposición a la puesta en marcha de la planta nuclear

ESQUEMAS DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA Y DE CONTENCION



El efecto de un choque es inmediato, pero un accidente nuclear dura miles de años, y no se puede cuantificar.

La planta nuclear no sólo afecta los derechos de la generación actual, sino los de muchas generaciones venideras, al legarles el problema irresoluble de los desechos radiactivos, sin posibilidad de consulta.

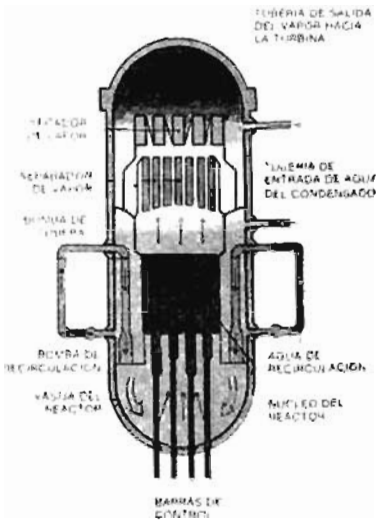
Además, la ley de 1974 deja sin protección a la población en caso de accidentes nucleares.

Si una planta nuclear se va a instalar para el supuesto beneficio de la población, sería injusto no preguntar a ella si está dispuesta a aceptar los riesgos.

¿Es legítimo el proyecto de Laguna Verde nuclear?

No lo es, porque no se consultó a la población del estado de Veracruz, ni a la del resto del país, en cuanto a la aceptación de los riesgos radiactivos.

DIAGRAMA DE LA VASIJA DEL REACTOR

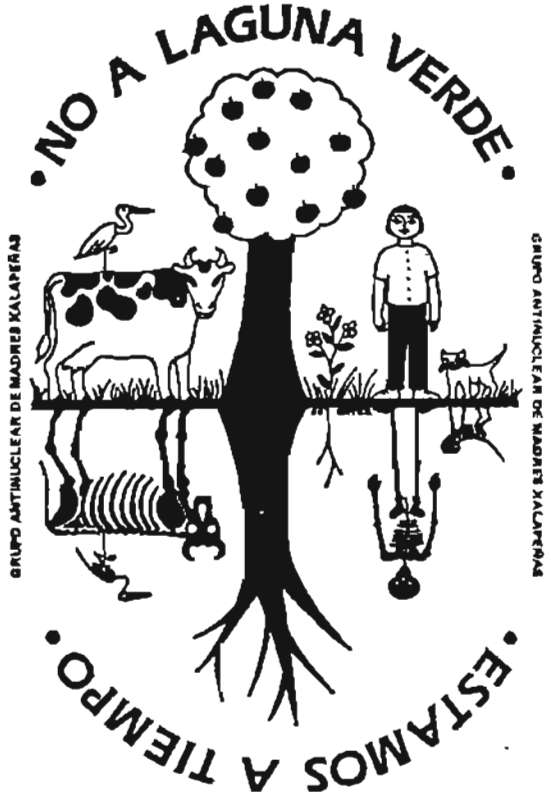


Esta ilegitimidad de origen justifica la realización de una auténtica consulta popular sobre la planta, antes de que se haga las cargas de prueba. Si éstas se llevan a cabo se contamina radiactivamente el interior, y la conversión a gasoeléctrica se dificulta y encarece.

Una consulta popular, para que fuera auténtica, debería satisfacer algunos requisitos:

- Información, antes del voto, a toda la población afectada, sobre los pros y los contras de la planta de Laguna Verde, en todos sus aspectos: técnicos, de seguridad, económicos, sociales, etcétera.
- Votación secreta, con la supervisión de organizaciones nacionales o internacionales de reconocidad autoridad moral.

Mientras no se proceda con la consulta popular, la construcción ininterrumpida de Laguna Verde continúa siendo un acto violento e ilegítimo por parte del gobierno, en contra de la población que dice representar.



Laguna Verde. El documento no intentaba una contraargumentación científica, tampoco una propuesta ecológica, ni mucho menos una alternativa "energética" donde prevaleciera la Soberanía Nacional o el Interés en el Futuro de la Patria. . Se trataba, simplemente, de una exigencia "en nuestro propio nombre y bajo nuestra propia, personal e indeclinable responsabilidad" *en favor de la vida.*

A diferencia de los malabares oficiales por llenar de sentido común la puesta en marcha de Laguna Verde, los firmantes del documento aceptaban su posición "terca y cerrada", y decían por qué: "No queremos que nuestras vidas dependan de aprendices de brujo, puesto que estamos constatando cotidianamente que pierden el control de sus creaciones, por la osadía de querer ir más allá de sus capacidades reales."

Además, eran francos: "No tenemos ninguna propuesta sobre los usos que podrían darse a la planta misma o sus equipos. . . No tenemos ninguna propuesta específica sobre la producción de energía por otros medios. . Aún bajo el supuesto de que no hubiera otra opción técnica para producir energía o de que la nuclear resultara ser la más barata, limpia y

¿Es factible convertir una nucleoeléctrica a gasoeléctrica?

En general, es factible la conversión de una planta nuclear a termoeléctrica que queme carbón, gas o combustóleo. Sólo hay que cambiar el reactor por una caldera convencional y modificar las condiciones técnicas para que el vapor producido ajuste eficientemente con las turbinas.

Económicamente es factible, más aún en el caso de México, en que el gas sería muy barato, pues se aprovecharía el que se quema sin beneficio en la atmósfera. Se obtienen ahorros adicionales en el transporte del combustible al utilizar el gasoducto que pasa a la puerta de Laguna Verde.

Los técnicos de CFE ya reconocen la factibilidad técnica de conversión de Laguna Verde nuclear a gasoeléctrica, cuando apenas el año pasado parecían desconocer que en Marviken, Suecia, ya se había realizado la experiencia de conversión.

Sin embargo, la CFE considera que la conversión es incosteable, que sería más barato dejar la planta nuclear como está, y construir una termoeléctrica equivalente, desde el principio. Las bases del argumento de la CFE presuponen tiempos de vida útil para la planta nuclear y la termoeléctrica de 30 años, y un factor de planta del 65% para ambas. Pero al considerar valores nucleares más objetivos, como un tiempo de vida útil de 20 años (valor en EU), un factor de planta del 55% (valor en EU); y un factor del 80% para las termoeléctricas mexicanas, los costos de terminación como nucleoeléctrica y gasoeléctrica son casi iguales. Con los costos adicionales nucleares de desmantelamiento y almacenamiento de desechos radiactivos, el balance favorece a la gasoeléctrica, con creces.

La tendencia actual es a convertir plantas nucleares en termoeléctricas a carbón, combustóleo o gas natural. Tal es el caso de la conversión de la planta nuclear en litigio de Zimmer, o las de Marble Hill y Midland, con grados de avance superiores a veces al 80%. El propósito es salvar buena parte de lo invertido en el fracasado proyecto nuclear.

Las ventajas de la conversión a gasoeléctrica serían:

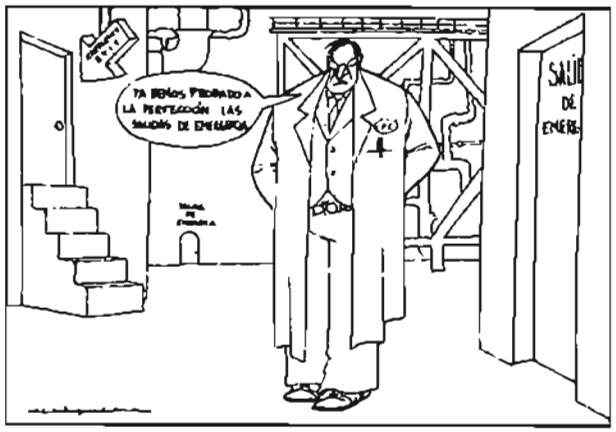
- Eliminación del peligro nuclear mortal, que estaría presente para todos, día con día.
- Resolución del problema político que representa la ilegitimidad del proyecto.
- Disminución de la dependencia técnica y política por el uranio enriquecido, mantenimiento, desechos, etc. En cambio, el gas es mexicano, y la termoeléctrica tendría un grado de integración mucho mayor que la planta nuclear.
- Obtención de electricidad más barata y segura.

---

eficiente —cosas ambas que nuestros amigos han puesto en cuestión con buenas razones—, nos negamos a aceptar su operación."

Sus argumentos siempre regresaban a una idea: la inseguridad: "No estamos inventando una teoría o formulando hipótesis sobre lo que podría ocurrir. *Nos preocupa algo que ya ocurrió.* Chernobyl no fue una fantasía o una ilusión. . . Una vez activada, Laguna Verde sería automáticamente candidato a ser otro Chernobyl."

Y atravesando todo el documento, una idea central, un "No, gracias" a las ofertas de modernidad que exigen sacrificar la vida y la dignidad de la gente en aras de un mejor futuro: "Ninguna promesa de bienestar que se formule en nombre de Laguna Verde puede legitimar o fundamentar un precio que significa arriesgar la propia supervivencia. Es esa lucidez que empieza a generalizarse en la sociedades industriales, donde se está prefiriendo pagar el altísimo precio de desmontar las plantas ya construidas antes que seguir viviendo bajo su amenaza." Y una frase final: "Estamos convencidos de que sólo una lucidez firme, general y activa será capaz de disolver la amenaza a nuestras vidas y nuestros ambientes que tan ominosamente se cierne en la actualidad sobre todos los mexicanos."



Helguera/La Jornada.

Nuestras razones contra Laguna Verde —tal es el nombre del documento— no tuvo mayor repercusión en los medios masivos ni en el debate nuclear de los últimos meses. Tal vez porque *la vida*, sin más, es un concepto en desuso, cursi, marginal, si no va acompañado de teoría, juego de poder e ideologización.

Quizá una revista de ciencia es el mejor espacio para una argumentación tan clara, terca y *poco científica. (El gallo ilustrado, El Día,* diciembre 21 de 1986)

¿Podemos detener la puesta en operación de Laguna Verde?

Sí, si la gente preocupada se organiza, actúa pacíficamente y se moviliza para conseguir una auténtica consulta popular, o referendo, donde por votación directa decida si Laguna Verde abre como nucleoeléctrica, o no.

Nuestra Constitución Política da la base legal para actuar, pues ella garantiza para los mexicanos el derecho a la seguridad y a la vida sana. Además, establece que la soberanía radica fundamentalmente en el pueblo.

Mediante movilizaciones pacíficas y legales se han logrado detener, y a veces cancelar, plantas y programas nucleares en Austria (1977), Suecia (1980), Noruega, Dinamarca, Australia, etc.; y Pátzcuaro en México, cuando en 1980 los pronucleares pretendían instalar un reactor en las riberas del lago de Pátzcuaro. Después de varios meses de lucha los pobladores consiguieron cancelar el proyecto.

Más vale activos hoy que radiactivos mañana. La solución está en nuestras manos.

Bibliografía

1. *Energía nuclear*, Walter C. Patterson, Editorial Blume, o editorial Muy Interesante, 1986.
2. *La Bomba silenciosa*, P. Faulkner, Argos Vergara, 1980.
3. Revista *Ecología*, números 0 y 1.
4. Información aparecida en los periódicos mexicanos.
5. Informe de Greenpeace sobre energía nuclear, 1986.
6. Estudio de la American Physical Society sobre emisión de materiales radiactivos, 1986.

Sobre plantas nucleares en EU

Los siguientes comentarios están a título personal. Cuando estuve en mi estado natal de Ohio durante el verano, cerraron una planta nuclear para la generación de energía eléctrica cerca de Cleveland. Fue por repetidas fallas en el reactor. Este fue hecho por el mismo fabricante que hizo el reactor para Laguna Verde. Hay varias demandas en contra de ese fabricante por defectos en el equipo. Y el funcionamiento de esa planta en Ohio, originalmente fue autorizado por la misma Organización Internacional de Energía Atómica que acaba de dar el visto bueno a la planta en Laguna Verde.

Estuve por algunos días en Boston. En esos días hubo un problema en cuanto a la apertura de una planta en la costa atlántica, en donde la línea divisoria entre Massachusetts y Connecticut da al mar. Para que la planta pueda entrar en operación, las comunidades vecinas, por Ley, tienen que desarrollar planes de seguridad y evacuación. Esas comunidades han rehusado desarrollar los planes, como medidas de bloqueo a la apertura de la planta.

Hay una controversia en el estado de Dakota del Sur, sobre residuos radiactivos. El Departamento de Energía Federal busca dónde sepultar esos residuos. Casi todos los estados lo prohíben. Hay un proyecto de Ley Federal que otorgaría a un estado o entidad federativa $100 millones de enganche y $100 millones anuales por el sepelio de los residuos en su territorio. Uno de los sitios propuestos es una reservación para indígenas americanos, un lugar fuera del control del estado de Dakota del Sur, pero dentro de sus límites. Los indígenas, a pesar de sus necesidades económicas, ya han dicho que "no". ¿Será posible que propongan también a los países endeudados, el canjear su deuda por el sepelio de residuos radiactivos?

Volviendo a Ohio, la experiencia en el estado es que sus plantas nucleares rebasan varias veces el presupuesto inicial de construcción y operación, y que la energía eléctrica generada por vapor producido con combustible atómico es la más cara en el estado, sin tomar en cuenta lo que sería un costo real, por la adecuada disposición de los residuos radiactivos.

Algunos fabricantes en los Estados Unidos han probado el uso de estos residuos nucleares, para esterilizar alimentos para su conservación. Aparentemente en este sentido funcionan muy bien; los alimentos quedan sin microorganismos que los podrían echar a perder. Así están comercializando algunos productos con la aprobación de Salubridad. Parece que está apareciendo un detalle: los ratones de laboratorio no sobreviven mucho comiendo los alimentos así tratados.

Estos comentarios no tienen un propósito político. Es sólo de admitir que la tecnología norteamericana tropieza con muchos problemas en su manejo de energía nuclear. Espero que México no tenga que cometer los mismos errores.

Carta enviada por el Dr. Arthur W. Chaffe, leída en el debate sobre Laguna Verde en la UAP.

No a Laguna Verde nuclear*

El accidente de Chernobyl constituye la culminación de una larga historia, que incluye la destrucción total de varios reactores, como el Enrico Fermi, cercano a la ciudad de Detroit, en 1966. Esta historia fue ocultada, y los problemas de la energía nuclear minimizados, hasta que el accidente de la Isla de Tres millas en 1979 los hizo visibles.

El accidente de Chernobyl no fue el peor posible, ya que sólo dispersó el 3.5% de los materiales radiactivos presentes en el reactor; porque el viento sopló hacia zonas menos pobladas; y porque, debido a que la nube radiactiva se elevó a considerable altura, disminuyó el número de víctimas inmediatas. A pesar de ello, causó pérdidas materiales en el orden de las decenas de miles de millones de dólares, y una dislocación social de gran magnitud por la evacuación de 135 000 personas, que no podrán volver a sus hogares durante varios años. Se prevé que producirá de miles a centenares de miles de casos de tumores y leucemias a lo largo de las próximas décadas, de los cuales una considerable serán fatales, y asimismo que en las generaciones venideras se manifestará un número indeterminado de defectos genéticos.

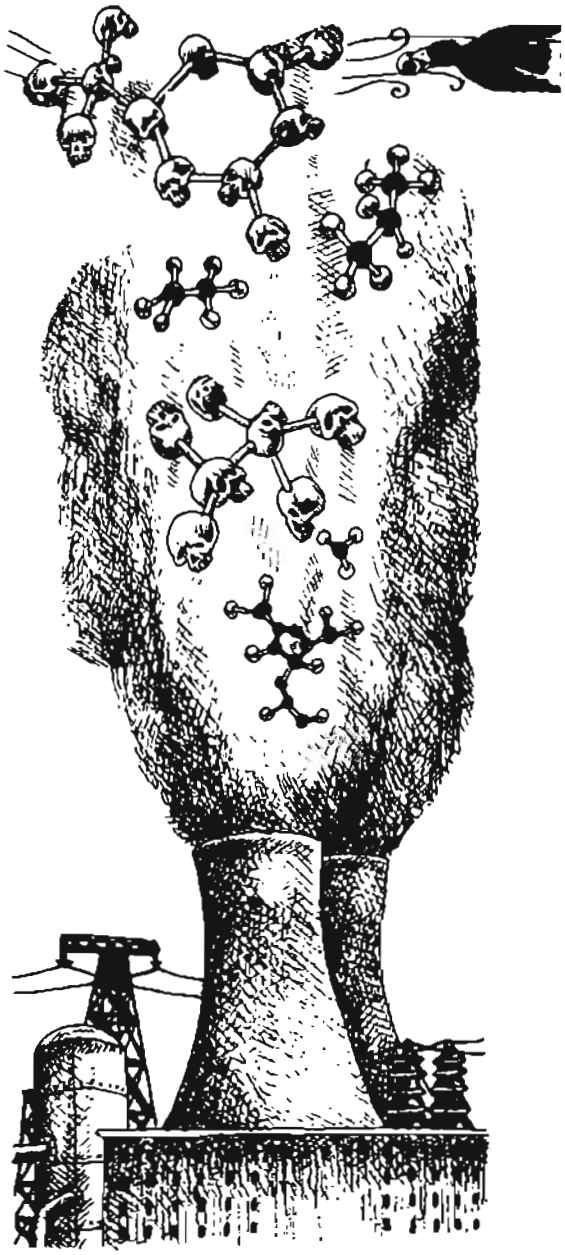
En México es inminente la puesta en marcha de la primera central nuclear en Laguna Verde, Veracruz, en circunstancias que en otros países se precipita al abandono de la energía nuclear, proceso que había comenzado mucho antes de Chernobyl. Los voceros de organismos oficiales pretenden acallar la legítima inquietud de grandes sectores de la población con el argumento de que se tomarán todas las precauciones y que será muy estricta la supervisión de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias así como del Organismo Internacional de Energía Atómica. No obstante, sin negar la competencia de los técnicos de estos organismos, cabe señalar que las centrales nucleares estadunidenses estaban bajo la supervisión de un organismo similar, y que además contaban con abundantes dispositivos de seguridad, que supuestamente no podían fallar. En ambos casos, el de la Isla de las Tres Millas y el de Chernobyl, las autoridades acusaron a los operadores, pero hay razones para pensar que los accidentes no se originaron exclusivamente por esa causa, sino por la complejidad misma de los sistemas y por deficiencias en nuestro conocimiento.

Hay motivos para creer que la energía generada en Laguna Verde resultará la más cara de México, no solamente porque los costos de construcción han crecido desmesuradamente, sino también por los costos aún indeterminados de manejo y disposición final de los desechos altamente radiactivos, y de desmantelamiento una vez finalizada la operación de la planta, que, es de suponerse, no serán menos que los de construcción, y que poblablemente tendrán que pagar mexicanos que todavía no han nacido. Es de pensarse, asimismo, que, por tratarse de procesos no sólo costosos, sino muy peligrosos y de gran dificultad técnica, no podrán ser llevados a cabo sin ayuda extranjera.

México se encuentra en situación particularmente favorable para poder prescindir de la energía nuclear, convirtiendo la planta de Laguna Verde en una gasoeléctrica, aprovechando las considerables cantidades de gas que actualmente se pierden en la atmósfera, y el hecho de que el mayor gasoducto del país, que se encuentra subutilizado, pasa muy cerca de la planta.

Por todo lo anterior, y porque pensamos que nada puede ser más importante que la vida y la seguridad de millones de mexicanos y su descendencia, pedimos que no se ponga en marcha la planta de Laguna Verde y que se estudie la posibilidad de convertirla en gasoeléctrica.

* Texto dado a conocer por gran número de artistas, intelectuales, sindicalistas y líderes políticos.



Laguna Verde

Dicen en televisión
que Laguna Verde es vida,
nada de miedo y tensión
no confundir con el Sida.

Científicos de la UNAM
piden calma y reflexión
la radio programa a WAM!
mientras se oye una explosión.
Sí, Laguna Verde es vida,
mas vida en el más allá.

Dibujo: Ahumada/Texto: Víctor Roura.

Premio Newton 1987

El más cercano a Dios*

Ningún científico, ningún hombre de ideas ha alcanzado nunca la reputación de Isaac Newton. Sólo caudillos y grandes monarcas, hombres de acción, han logrado ocupar pedestales equiparables o dejado herencias de tan prolongada permanencia. Newton vivió una época turbulenta, habiendo nacido durante la revolución de Cromwell, pasado su juventud en medio de la Restauración y contemplado el ascenso de Guillermo de Orange. Momentos arduos en que los pensamientos se aceleran y son capaces de captar lo nuevo de la época, de responder con franqueza a las dudas y sinrazones de su tiempo, de soñar nuevos caminos y generar nuevas ideas, de rehacer el mundo.

La historia, el mito y la leyenda han hecho de Newton el genio de la ciencia clásica y el arquitecto de una nueva visión del mundo. En este contexto los calificativos poseen un significado muy definido: están al servicio de una estrategia de oposición. Lo *clásico,* para sus devotos, evoca la idea de "lo anterior", lo anterior a la ruptura, lo que precede a aquello que instaura la modernidad. Es, además, el gesto de rechazo a una pre-ciencia antigua, ingenua, perlada de presupuestos, muy cercana al sentido común. El

* El presente ensayo obtuvo el primer lugar en el Concurso Nacional Newton, convocado por la Sociedad Mexicana de Física, el Planetario de Puebla y las revistas *Ciencia y desarrollo* y *Elementos.*

** Depto. de Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM.

término *clásico* posee también otra cualidad: denota un estilo y por lo tanto una cultura. Así, la ciencia newtoniana —o el método newtoniano de hacer ciencia— se presenta como parte integrante de un conjunto de prácticas económicas, artísticas, filosóficas, teóricas, sociales. Nos ayuda a superar las apariencias de autonomía que le confieren las instituciones y prácticas académicas de nuestro tiempo, reconociendo en el telar de la civilización occidental las formas y figuras que requería el saber del siglo XVII, cuando ciencia y religión respondían a metafísicas que en lugar de obstruirse las más de las veces se complementaban. Newton es un clásico y por ello cabe una reflexión sobre su estilo científico y su sitio en la época que le tocó vivir. No basta hacer las tareas del historiador, hay que explorar las distintas regiones que integraron su mundo, reconociendo las tensiones que surgieron entre ciencia y cultura —en un sentido amplio— y las sutilezas de aquello que se oculta bajo el espectáculo de rupturas y cambios de paradigmas.

La ciencia no es un ente abstracto ni tampoco una construcción impersonal. Se debe a gente en la misma medida que cualquier otro conocimiento transmitido y es, en cierta forma, una experiencia común del género humano: diseñada por él, hereda su estilo. Cuando surge un gran hombre, su obra, y por tanto su estilo, influye en las generaciones posteriores. A tres centurias de la publicación en 1687 de su *Philosophiae naturalis principia mathematica,*[1] mejor conocida como *Principia,* y después de haber dominado el mundo de la ciencia hasta el siglo XIX, la obra y estilo de Newton son muestras de la gran sagacidad y la sólida naturalidad de quien supo llevar a cabo la síntesis del conocimiento más ambiciosa que había tenido lugar desde los tiempos de Euclides y Aristóteles. Para muchos los *Principia* son la más grande obra científica que produjo jamás la mente humana. Ninguna obra, con la posible excepción del *Origen de las especies* de Darwin, ha producido cambios tan notables en el pensamiento occidental. Entender la envergadura de la obra de Newton reclama algo más que la lectura de sus escritos, muchos de ellos aún inéditos;[2] requiere del conocimiento de los antecedentes y alcances de lo newtoniano en el pensar contemporáneo.

De la magia a la ciencia

Se ha intentado muchas veces fijar una fecha al renacimiento del espíritu científico, tarea que además de ardua resulta estéril. Son tantos los elementos que deben tomarse en cuenta que cualquier opinión enfrentaría una multitud de consideraciones adversas. Sin embargo, podemos fácilmente aceptar que la estructura del universo aristotélico comenzó a sufrir fracturas a mediados del siglo XV. En los escritos de quienes vivieron esa época se revela la necesidad consciente de efectuar cambios:

> Me maravillaba al mismo tiempo que sufría porque tantas y tan excelentes artes y ciencias de nuestra vigorosa antigüedad parecía ser que estaban por perderse. Sabemos, por alusiones y por lo que de ellas resta, que hubo una época en que se encontraban diseminadas profusamente. Pintores, arquitectos, músicos, geómetras, adivinos. . raramente son vistos hoy en día. Por ello pienso, como dicen muchos, que la Naturaleza, la gran señora, ha envejecido y muestra cansancio. (En fechas recientes). . no ha dado a luz genios ni gigantes, lo cual en mis días de juventud hacía maravillosa y abundantemente.

Así se expresaba León Battista Alberti en su pequeña obra *Della pintura* (1436). Si para esa fecha la noción de vivir un renacimiento era ya algo aceptado, entonces la idea de la desaparición del conocimiento matemático y del genio en lo artístico y lo retórico era algo a todas luces falso. Sin embargo, el mito proclamado por Alberti tenía una cierta fuerza que provenía de las antiguas culturas de Grecia y Roma. En la Alta Edad Media había una preocupación excesiva respecto de una desaparecida "Edad de Oro" en la que los sabios tenían un conocimiento total de las cosas, conocimiento que estaba siendo redescubierto con grandes esfuerzos. Lo nuevo en el mito renacentista consistía en ignorar las glorias de la arquitectura gótica, de la pintura del *Trecento* y de las obras de Dante y de Petrarca. Por otra parte, era patente que el mundo de Maquiavelo y de Leonardo da Vinci resultaba tan distinto al de Santo Tomás de Aquino. En efecto, el mismo Alberti hace un llamado a quienes, como "Filippo, Donato, Luca y Massaccio, poseen genio suficiente para lograr obras dignas de elogio".

> . . . creo que la capacidad de adquirir fama en cualquier arte o ciencia yace en nuestra industria o diligencia, más que en los. dones de la Naturaleza. Hay que admitir que les era menos difícil a los antiguos. Nuestra fama será más grande si descubrimos artes y ciencias nunca antes concebidos, sin maestros y sin modelos que seguir.

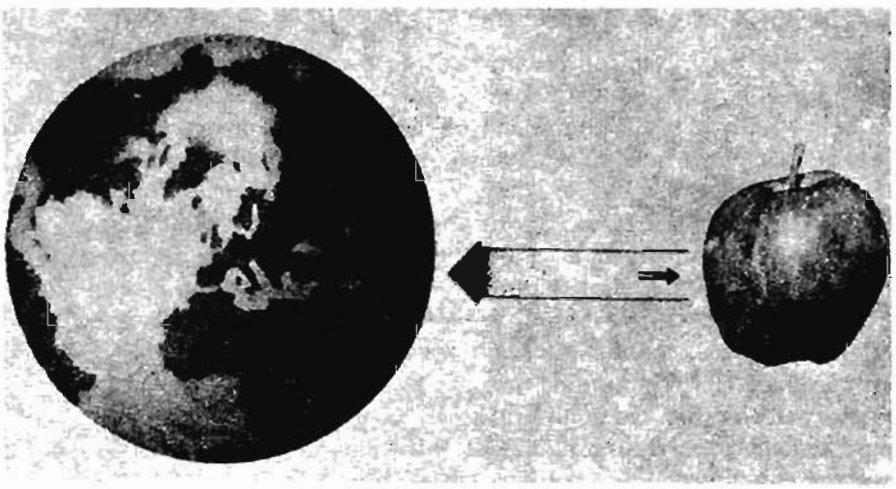
[1] Isaac Newton, *Mathematical principles of natural philosophy and the system of the world,* Trad. al inglés por A. Motte (1729), revisada por F. Cajori. Univ. of Calif. Press, 1960.

[2] R.S. Westfall, "The changing world of the newtonian industry", *J. Hist. of Ideas,* vol. 37, 1976.

Alberti está señalando que su tiempo no solo es un Renacimiento de glorias pasadas, sino el nacimiento de otras visiones y de nuevos logros[3].

Las ciencias y las artes de las que hablaba Alberti tenían una connotación diferente a la actual. El término "ciencia", o sus equivalentes en otros idiomas, no adquirió un significado semejante al moderno sino hasta el siglo XVII, y fue algo inconsistente hasta el XIX. Debido a los hallazgos y la difusión de obras literarias pertenecientes a la Grecia antigua, la enseñanza universitaria sufrió grandes cambios:[4] en el *Trivium* (gramática, retórica, filosofía) se enfatizó más la literatura, la historia y la filosofía moral en detrimento de la lógica y la "physica".

Este programa, base fundamental de la Facultad de Artes, constituía la *studia humanitatis*. En la misma Facultad posiblemente se enseñaría algo del *Cuadrivium* —aritmética, geometría, música y astronomía— cuyos estudios se consideraban más cercanos a lo que sería la verdadera esencia de la "ciencia". La distinción entre "ciencia" y "arte" no aludía necesariamente al tema bajo estudio, sino al concepto de "certeza", esto es, el conocimiento que se obtiene "necesariamente" a partir de premisas indiscutibles. Bajo esta concepción la geometría y la aritmética (la teoría de números, que era algo distinto a meramente hacer cálculos, lo que se conocía como "algorismo" o logística") estaban próximas a la certeza como cualquier conocimiento secular podía estarlo. La astronomía y la música (teoría de la armonía), siendo las representaciones matemáticas de los fenómenos celestes, podían ser aceptadas como "ciencias" sin mucha dificultad. La física no era una ciencia sino, como su nombre lo indica, el estudio de la "Naturaleza" —la Tierra, el reino de lo que fue y de lo que será— la cual difiere radicalmente de los cielos, que sin cambio alguno son y serán eternamente iguales a sí mismos, abarcando todo lo que se encuentra más allá de la luna. Esta, la distinción aristotélica entre cielo y tierra, era uno de los más serios obstáculos para el surgimiento de la ciencia moderna. El otro obstáculo fue la ausencia del concepto de ley natural.



El saber del siglo XV muestra una compleja interpenetración de discursos provenientes de disciplinas tan diversas como la magia, la alquimia, el misticismo, la medicina, el empirismo y la historia natural. Para algunos historiadores, tales como Frances Yates[5] y D.P. Walker[6], el mago renacentista es el antecedente inmediato del científico del siglo XVII, y su marco conceptual es la condición que propició el surgimiento de la nueva ciencia. La ciencia de Galileo, que nadie negaría es participante en el proceso de cambio, se caracteriza en gran medida por el uso de las matemáticas en la física y por su apego a los experimentos; desdeña además las escuelas filosóficas tradicionales y encuentra apoyo en su preocupación por los problemas técnicos de los ingenieros, marinos y militares y en el uso de materiales especiales e instrumentos de relativa sofisticación. Según Yates las mismas características se hallan en el hermetismo renacentista, el cual mezcla neoplatonismo, magia, numerología, cábala y alquimia. En esta mezcla es posible identificar dos vertientes: la primera es la magia neoplatónica que se basa en el viejo esquema de las Emanaciones que provienen del "Uno" original. El hermetista se creía capaz de controlar estas "energías", de explotar las "simpatías" que mantienen unido al Cosmos. La alquimia y la astrología daban pautas de cómo proceder y de cómo concentrar poderes en talismanes y símbolos. Al llevar a cabo estas operaciones —la colecta del material mágico, el espejo en llamas, el arpa,. — el hermetista se convertía en mago y en cierta medida

[3] Leon Battista Alberti, *A man of the early renaissance*.

[4] W.P.D. Wightman, *Science in a renaissance society*, Hutchinson and Co., 1972.

[5] Frances A. Yates, *Giordano Bruno and the hermetic tradition*, Vintage Books, 1969.

[6] D.P Walker, *Spiritual and demonic magic*.

en el ancestro del físico experimental. La segunda vertiente une al pitagorismo con la cábala. La fusión se lleva a cabo encontrando el Número entre las primeras Emanaciones, entre las ideas que surgen del Uno, e invocando la magia de los números. Esta línea de pensamiento nos conduce a Galileo en dos formas: apoya el uso irrestricto de la matemática y autoriza al filósofo natural a buscar las sencillas relaciones matemáticas que existen entre las cantidades físicas que constituyen el "Patrón del Universo".

Desde Ficino hasta Galileo difícilmente puede uno encontrar un pensador que no toque alguno de los temas herméticos. Sin embargo esto no los hace magos, sólo refleja que el pensamiento mágico permeaba la vida del renacentista: diseñar mecanismos, preparar filtros y cosméticos, inventar criptogramas, jugar con espejos y lámparas mágicas, cantar himnos e invocar ángeles o demonios, todo era parte del proceder natural que intentaba controlar o dirigir los eventos que acaecían cotidianamente.

Religión y superstición iban de la mano y aunque la primera intentaba suprimir a la segunda, en ocasiones sus festividades y ritos bordeaban peligrosamente los linderos de aquello que atacaba. Sin embargo la experiencia comenzó a rendir frutos y poco a poco se empezó a dudar del poder que se creía tener sobre la naturaleza. Se iniciaba así el proceso mediante el cual se aprendió a manipular a natura por medio de sus propias reglas. La magia blanca, al caer en descrédito, cedió su lugar a la ley natural.[7] El proceso fue lento y sinuoso: el mismo Francis Bacon —tenido por algunos como el padre del método experimental— recurría en ocasiones a consideraciones sobrenaturales, matizadas por las presiones ideológicas de su tiempo. En su intento por desarrollar una astrología matemática en la que no participaran brujas ni demonios, Bacon seguía creyendo en un determinismo estelar que gobernaba toda la materia, incluyendo al cuerpo humano y sus apetitos. Lo único que podía escapar a este determinismo era el alma humana, conciliando así su posición con la de Santo Tomás. El hombre está libre de restricciones, "pues es un ser de acción, un mago, un milagro; opera como un dios. . . es un *Magnum miraculum*, merecedor de reverencias y honores". Estas palabras suenan profundamente en la obra de Pico della Mirandola, quien en la *Oración sobre la dignidad del hombre* coloca al género humano en el pedestal de honor de la creación. Desde ahí sólo le queda elegir el camino a seguir.

El fin de la ciencia aristotélica

Iniciado el siglo XVI el platonismo iba desplazando a la vetusta maquinaria aristotélica en que se habían apoyado creencias, doctrinas, gobiernos y jerarquías que caracterizaron a la Edad Media. Los cambios en el pensar no se originaron únicamente en las universidades y sus entornos; influyeron también hechos como el descubrimiento de América y la invención de la imprenta, que no fueron consecuencias inmediatas de una nueva ciencia, sino resultado del surgimiento de nuevas "tecnologías". El problema de gobernar una inmensa población en las colonias bajo distintas condiciones climáticas y culturales, además de las nuevas experiencias en la maquinaria crediticia, exigieron cambios radicales en el sistema relativamente jerárquico que imperaba en Europa. Señalar hasta qué punto influyó esto en el método científico resulta problemático, aunque se puede recurrir a considerarlo un producto del *Zeitgeist*, lo cual no explica pero si apunta a la creencia de un origen común de los cambios. De cualquier manera parece aceptable que la sustitución gradual de las teorías "racionales" que sustentaban las formas de gobierno prevalecientes por otras de carácter "empírico" revelan un nuevo mundo de pensamientos.

En cosmografía el gran logro intelectual de Copérnico estuvo precedido por actos, declaraciones y tragedias que allanaron el camino: antes que Copérnico, Galileo o Kepler, fue Giordano Bruno quien redujo el cosmos medieval a cenizas cuando abolió la barrera que separaba los espacios terrestres de los sublunares. Esta ruina del universo aristotélico debió jugar el papel principal en el lamento de John Donne por la "Nueva Filosofía que todo lo pone en duda. . . todo reducido a pedazos, toda coherencia ida, así como toda. . . relación" [8]

Decir cuándo termina el Renacimiento científico es tarea difícil: Bacón, el "Gran Instaurador", en realidad nunca tuvo conciencia plena de la esencia del descubrimiento científico. Los grandes hombres que si la tenían —Galileo, Gilbert, Kepler, Harvey— en muchas formas mantenían lazos de unión con el pasado: sus conclusiones son la base de la ciencia moderna, pero sus métodos y visión estaban matizados por la mitología renacentista.

Las tensiones conceptuales generadas finalmente se desbordaron dando lugar a los primeros intentos de construcción de un nuevo discurso filosófico para un universo liberado del dualismo entre lo sagrado y lo profano, y de la separación entre un sitio perfecto en las alturas a otro imperfecto y corruptible en la tierra. Primero

[7] J. Bronowsky, *Magic, science and civilization.*

[8] Wightman, *op. cit.*

fue Nicolás de Cusa y su nueva idea del infinito; le siguieron Copérnico y Kepler, parteros de un sistema que desbancaba al mundo ptolomeico-aristotélico. Este nuevo sistema reclamaba una forma alternativa de conocer el universo, tarea a la que se entregó Galileo. Al tomar el puesto de apologista del nuevo mundo científico, Galileo atrajo para sí el veneno de la resistencia institucional a la revolución científica, liberando a quienes le siguieron de sostener duelos semejantes. Sus herederos intelectuales continuaron desarrollando el naciente método. Los nombres de Descartes, Newton y Leibniz son conocidos por todos, y su labor podría resumirse señalando que Descartes tuvo a bien aportar los fundamentos filosóficos del nuevo método, en tanto que Newton y Leibniz, trabajando en el mismo edificio cartesiano, hicieron importantes reformas que culminaron en la visión mecanicista del mundo.

Gran parte del pensamiento precartesiano tenía como meta justificar la proposición de que la estructura matemática del método, cuando es utilizada para estudiar los fenómenos naturales, podía revelar la realidad íntima del universo. Esta obsesión se observa en Galileo, quien enfatizaba en primer lugar la capacidad de la esencia matemática del nuevo método de exponer en toda su desnudez la naturaleza de lo real. El segundo punto de preocupación galileano era la unicidad del sistema de postulados matemáticos. Para Descartes y Newton el elemento primario es la capacidad del método científico de ser la forma paradigmática de conocer, la mejor aproximación disponible a un lenguaje universal, lenguaje largamente buscado por los pensadores medievales. Su falta de interés en la capacidad del método para aprehender la realidad, parece ser, les permite desarrollar las potencialidades del mismo para responder a la pregunta de cómo puede el hombre adquirir conocimiento verdadero en un universo infinito. Al no estar obligados a defender la conexión entre la esencia matemática del método y la naturaleza de la realidad física, logran alcanzar un nivel de pensamiento que rebasa la celebración o la justificación del universo infinito, y por lo tanto, consiguen examinar analítica y críticamente las bases del conocimiento.

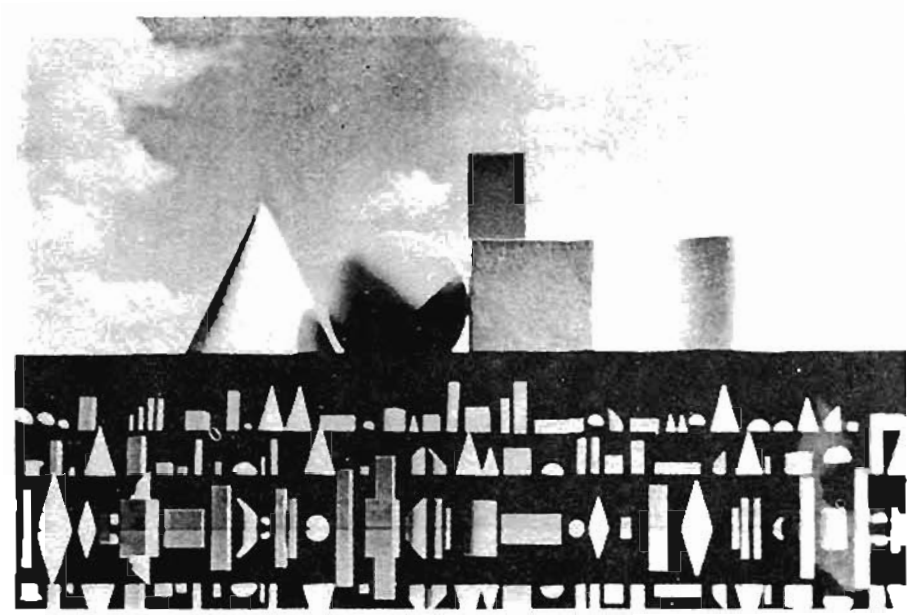
El fundamento metafísico de la ciencia moderna

Si el calificativo de profetas del nuevo universo es adecuado para Copérnico, Kepler, Galileo y Bruno, el de padre de la filosofía moderna le corresponde a Descartes. Kepler, aun habiendo excluído de su trabajo la metafísica aristotélica, fue incapaz de reemplazarla con otra fundamentación filosófica. Galileo, al no poder mostrar cómo se adapta su método a los procesos más profundos del intelecto, fracasó en el intento de enseñar a pensar a los hombres de su tiempo. Bruno también falló en su empresa al no poder más que proclamar la supremacía del intelecto frente a las absurdas ordenanzas de las autoridades. Todos estos pensadores, aunque presiden en el nacimien-

to del nuevo universo, no supieron articular los fundamentos filosóficos del método que utilizaban.

Descartes podía criticar a Galileo por suponer que era permitido prescindir de una metafísica. Su método no analizaba las "causas primeras de la naturaleza" y se limitaba a explicar sólo "ciertos efectos particulares", razón por la cual construía "sin fundamentos" [9] Descartes percibió con claridad lo que estaba en juego: una nueva ciencia no podía sobrevivir sin una metafísica. Así como los hombres necesitan de una fundamentación racional que les asegure la salvación, así también deben procurarse una fundamentación intelectua primaria para la nueva ciencia.

La tarea de Descartes adquirió vastas dimensiones, debió viajar y recabar experiencias, estudiando el gran libro del mundo, hasta que un día tomó la resolución de hacer de sí mismo un objeto de estudio e iniciar su búsqueda dudando de lo hasta entonces aprendido.[10] Su misión metafísica data de una experiencia mística que tuvo lugar durante el día y la noche del 10 de noviembre de 1619. En la soledad de su cuarto inició la revisión escéptica de todo conocimiento adquirido: encontró que en las artes y en las ciencias no existía unidad ni certidumbre. En las matemáticas había certeza, pero ésta no iluminaba en forma obvia otras ramas del saber. Lo que hacía falta era un nuevo inicio que barriera con todos los sistemas plagados de falsas lógicas y verdades a medias. Poco a poco en su mente creció la idea de buscar la certeza matemática en otras ramas de conocimiento que, como la filosofía, estaban sumidas en el caos. Después de horas de esforzar su mente, encontró el tan deseado método: a la manera de un deslumbrante destello percibió la unidad de todas las ciencias, de todo el conocimiento.



Agotado, al finalizar el día se retiró a descansar y tuvo tres sueños, que interpretados dieron origen a sus *Meditaciones sobre una primera filosofía* (1641). En esta obra se presentan los tres principios que configuran su metafísica: 1) la intuición de la necesidad de la existencia del pensador; 2) todo lo que resulta verdadero es clara y distintamente percibido como una idea y todo lo que es clara y distintamente percibido como una idea es verdadero; 3) la afirmación de la existencia de un Dios veraz. Al lograr pensar en Dios como un ser verdaderamente infinito y al mismo tiempo ser incapaz de concebirlo como no existente o imperfecto, falto de veracidad, Descartes logró disipar todas las dudas que lo acongojaban. Quedaba así completo el sistema metafísico cartesiano, encontrando los tres principios expresión en la fórmula *Cogito ergo sum, ergo Deus et.*[11]

Quedaba pendiente una pregunta: ¿cómo se pueden utilizar estos principios como base para el reclamo de la certeza científica cuando se investiga el mundo físico? La respuesta se encuentra en las "Reglas para la dirección de la mente" (publicado alrededor de 1629). Ahí establece que el método científico no es más que el pensamiento puro enfrentado a las condiciones de su propia verdad. La matemática es la disciplina que más obviamente ejemplifica este hecho. Las ciencias utilizan lo que las hace semejantes a ella para armonizar el pensamiento puro y la estructura del mundo físico, y no sólo emulan al lenguaje matemático sino que además retoman la certeza típica de esta ciencia para incorporarla al conocimiento del mundo natural, de forma tal que trascienda cualquier dependencia de observaciones empíricas. La ciencia pasa entonces a ser metodología pura —conocimiento conociéndose a sí mismo en su pureza— y esto le permite establecer la operatividad de su método de investigación del mundo físico. Cuando se piensa en un objeto éste existe, aun cuando no se piense en él. La metafísica

[9] A. Balz, *Descartes and the modern mind*, Archon Books, 1967.

[10] *Ibidem.*

[11] L.J. Beck, *The metaphysics of Descartes: a study of the meditations*, Claredon Press.

cartesiana no puede mostrar directamente la existencia de los cuerpos por no poder establecerla para nada que sea independiente del pensamiento puro —excepto la del ser finito que piensa y la de la substancia infinita perfecta— pero puede, sin embargo, establecer *indirectamente* la existencia de cuerpos físicos independientes de nuestro pensamiento. La evidencia de que hablamos proviene de la certeza de que un Dios veraz, por su misma naturaleza, no permitiría que la ciencia, que es pensamiento puro, fuera engañada en su pretensión más importante, a saber, que existe un mundo externo susceptible de ser conocido. Así, entre "el mundo matemático de las esencias y las partes corpóreas de la naturaleza hay una correlación. Existe por institución divina".[12]

El siguiente paso en el proyecto cartesiano fue diseñar el método con el cual se adquiere el conocimiento científico. Tan clara era su estructura que muchos de sus contemporáneos y seguidores resultaron más impresionados por el método que por su fundamentación metafísica. En esencia se consideraban dos caminos: el primero inicia con los datos a que se tiene alcance y procede a separarlos en sus componentes en busca de significados; ésta es la etapa del análisis. A continuación construye un conocimiento que no sólo es verdadero sino genuinamente nuevo, un conocimiento que no estaba explícitamente contenido en los datos originales. Esta etapa es la síntesis. El producto final es la fusión; es una única visión articulada, del basamento analítico y la superestructura sintética, alcanzando con ello una experiencia sacramental del mundo, el cual aparece como una construcción ilimitada e infinita en su extensión y novedad. El método cartesiano tuvo así la seguridad de poder conocer la totalidad de aquello que examina, pero siendo el sujeto pensante el que se avoca a conocer, la finitud de la mente humana lo restringe a conocer sólo aquello con lo que se puede relacionar. El resultado es que los objetos físicos *qua* objetos físicos, en cuanto a su esencia natural, quedan alienados del pensamiento finito. El pensamiento humano está así condenado a tratar con la naturaleza no en cuanto naturaleza, sino en cuanto pensamiento, pudiendo entonces revelar sólo la esencia del pensamiento finito y no la de las cosas. Esta situación establece un "dualismo terminal" del que Descartes no puede escapar, y en términos del cual establece un programa para la ciencia. Por otra parte plantea un nuevo dualismo —entre mente y materia— que viene a sustituir al dualismo clásico de lo terrenal y lo celeste. Posteriormente el dualismo cartesiano se convertirá en la moderna oposición entre lo que sucede en el interior de la conciencia humana y lo que tiene lugar en el exterior.

Fue así como la búsqueda de la certeza iniciada por Descartes condujo a una extraña situación: un universo infinito que en su esencia evade a la mente humana.

El universo mecánico

Dos ideas tuvieron un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia: orden y causa. Las concepciones asociadas a ellas determinaron en gran medida los rumbos que tomaron los creadores de la ciencia moderna, dando nuevas respuestas a preguntas que no habían sido satisfechas con argumentos de épocas pasadas. A la pregunta de por qué cae una piedra cuando se le suelta o, para acercarnos más a quien dio la respuesta definitiva, por que cae al suelo la manzana que se desprende del árbol, la Edad Media respondió, a la luz de la tradición aristotélica, que se mueve hacia abajo y no hacia arriba porque su naturaleza es caer hacia abajo. La importancia de este pasaje no reside en la aparente tautología sino en el hecho de encontrarnos con una generalización: la naturaleza de todas las manzanas es caer hacia abajo. Aunque parece una afirmación trivial no lo es tanto, ya que la capacidad de generalización de un concepto es fundamental y característico de la inteligencia: descubrir la semejanza entre objetos no idénticos y, cuando es necesario, percibir la semejanza entre elementos aparentemente sin relación entre sí. La célebre anécdota newtoniana sobre la caída de la manzana ilustra este punto: Newton fue capaz de percibir la semejanza, jamás advertida por nadie antes que él, entre la caída de la manzana y el movimiento de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra.

El arte de establecer semejanzas fue más fructífero, como ya se dijo, al abolir diferencias entre objetos celestes y materia terrestre. La concepción medieval de la materia hacía uso de nociones tan extrañas para nosotros como suponer causas de acción caracterizadas por poseer una voluntad semejante a la humana. Tierra, aire, fuego y agua poseen naturalezas que en el fondo son humanas, las impulsa una voluntad animal: los cuerpos caen poque desean alcanzar el reposo en el centro de la tierra, el fuego quiere subir. . . y todo lo que acontece se remite finalmente a estas voliciones. Esto supone también un orden hacia el cual tiende el "proyecto" de la Naturaleza. Su finalidad es alcanzar el status de la gran jerarquía ideal, la que todo rige, la que representa la perfección estable. Esta línea de argumentación fue abandonada por considerarse agotada; no explicaba los hechos, no era coherente y en ocasiones carecía de sentido. Terminado el si-

[12] *Ibidem.*

glo XVII había sido sustituida por la concepción de un Universo que funciona como una máquina en la que ciega y automáticamente todo ocurre sólo porque algo ocurrió antes. El mundo fue considerado una máquina de acontecimientos, y la línea de pensamiento que así lo presentaba es conocida como la filosofía mecanicista.

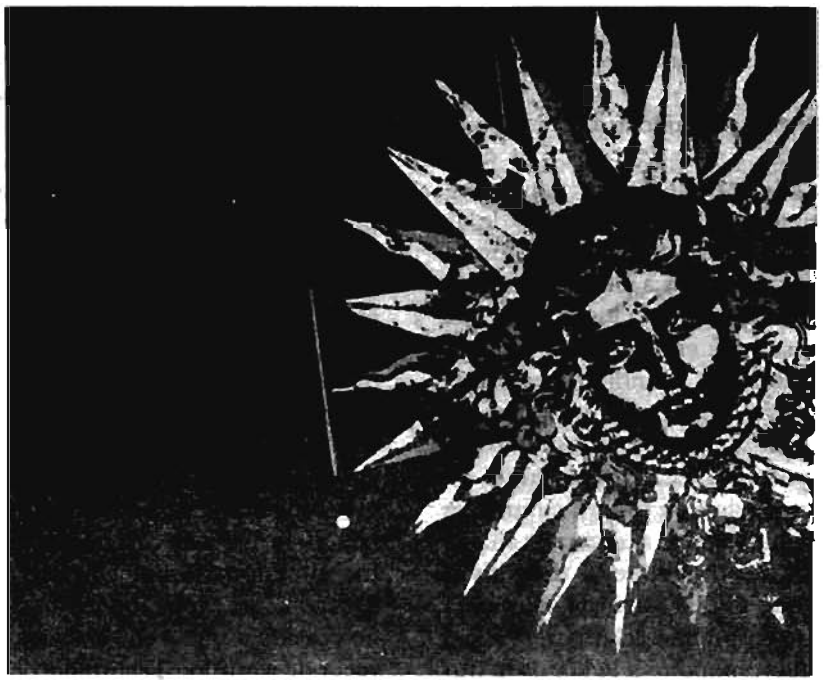
No se puede atribuir la creación de la filosofía mecánica a un solo hombre. Es un hecho que durante la primera mitad del siglo XVII los círculos científicos de la Europa occidental habían aceptado la concepción mecanicista de la naturaleza que, sugerida por Galileo y Kepler, alcanzó madurez en los escritos de hombres como Mersenne, Gassendi y Hobbes. Sin embargo fue Descartes quien mayor influencia tuvo en la construcción de esta nueva visión, dando a sus propuestas un rigor filosófico que sobrepasaba los intentos de cualquier pensador previo.

La idea básica de la filosofía mecánica de la Naturaleza es que el mundo es una máquina compuesta de cuerpos inertes, que sufre cambios debido a necesidades de carácter físico y que permanece indiferente ante la existencia de seres pensantes. Como consecuencia de esto el mundo de las experiencias sensoriales quedaba reducido a mera ilusión.

Una de las piedras angulares de esta nueva filosofía fue el principio de inercia. El tomar como premisa que todos los fenómenos naturales son producidos por partículas de materia en movimiento lleva a preguntarse sobre la causa misma del movimiento, ya que siendo la materia algo inerte por definición, y privada además de cualquier principio activo, es obvio que no puede ser la causa de su propio movimiento. En el siglo XVII todos estaban de acuerdo en que el origen del movimiento se remitía a Dios. En el principio El creó la materia y la puso en movimiento: ¿Qué mantiene este movimiento? La única respuesta aceptable, en vista del rechazo total a los principios activos, consistía en el principio de inercia: no se requiere de nada para mantener la materia en movimiento. El movimiento resulta ser un estado de la materia y como cualquier otro estado, se mantiene en tanto no hay un agente externo que lo altere. Dicho agente externo podía ser un impacto, el cual provocaba transferencia de movimiento pero nunca su destrucción.

El universo de Descartes era un *plenum;* y al identificar materia con extensión concluyó que el espacio debe, por definición, estar ocupado totalmente por materia, o mejor dicho, debe ser materia. No existe el vacío; por ello el movimiento sólo es posible si al cambiar de posición los cuerpos el lugar que llegan a ocupar fue desocupado simultáneamente, originando un movimiento de materia que forma un circuito cerrado. Dicho movimiento "circular" —vórtice—[13] genera presiones centrífugas en el *plenum* que resultan ser las causas de los fenómenos naturales más importantes. La imagen cartesiana del vórtice que contiene nuestro sistema solar es un remolino tan grande que la órbita de Saturno respecto del total no representa más que un punto. Agregando otras consideraciones Descartes logró finalmente conformar un sistema que de manera plausible sustituyera al modelo aristotélico de las esferas concéntricas.

Fue así como paulatinamente la filosofía mecanicista fue definiendo el campo de trabajo del científico. Su lenguaje fue la condición de las preguntas hechas y las respuestas dadas. Dado lo rudimentario de las máquinas de la época, algunas áreas del conocimiento vieron frustrado su avance por la falta de un lenguaje adecuado para desarrollar su problemática. En cierta medida, el discurso mecanicista también obstruyó la convicción pitagórica de que la naturaleza puede ser descrita en términos ma-



[13] E.J. Aiton, *The vortex theory of motions*, Elsevier, 1972.

temáticos. La tensión entre ambas corrientes de pensamiento fue finalmente resuelta por Isaac Newton.[14]

La síntesis de Newton

El siglo XVII, justamente llamado el siglo del genio, tuvo en Descartes y Newton a sus máximas luminarias. Según Koyré, el primero "concibió el ideal de la ciencia moderna —*el somnium de reductione scientiae ad geometrian*— y el segundo plantó a la física en el sitio que por sus méritos le correspondía en el sistema del mundo."[15]

Para entender la historia de la filosofía moderna, sus caminos y compromisos, debemos estudiar a los grandes innovadores del método científico, el más grande de los cuales fue Isaac Newton. Un siglo después de su tiempo, casi toda la tarea filosófica, sobre todo en sus aspectos más técnicos, fue un intento de conciliación, análisis, crítica y extensión del pensamiento newtoniano. Si bien Newton no alcanza las alturas de la síntesis metafísica de Descartes, supera a éste al reunir descubrimientos previos en un todo coherente.

El esplendor de la síntesis newtoniana consiste en haber fusionado las dos principales corrientes del pensamiento científico del siglo XVII: el racionalismo matemático de la tradición continental y el aprendizaje experimental cultivado por la Royal Society de Inglaterra. Al igual que Galileo, pero a una escala muy superior gracias a los caminos trazados por Descartes, Newton conjuga las dimensiones matemático-deductivas y experimentales. Como lo señala uno de sus comentaristas:

> Las leyes de movimiento de Newton tuvieron un origen conceptual. y probablemente son consecuencia directa de la física cartesiana. No se puede decir que estas leyes tuvieran sustento en un detallado trabajo experimental ni que inductivamente se siguieran de éste. esta falta de apoyo empírico. . no era un hecho accidental, pues ninguna clase o cantidad de trabajo experimental puede establecer un principio de movimiento natural. . . Esto es consecuencia del uso de fuerzas. . (que) existen sólo para explicar efectos. Como tenemos la libertad de escoger los estados que queramos como naturales. . se sigue que las fuerzas que decimos operan en la naturaleza dependen de las elecciones que hagamos. Por esta razón un principio de movimiento natural. . no puede ser un principio empírico.[16]

Si la interpretación es correcta, ni experimentos ni observación empírica son garantía de la validez de los principios del sistema newtoniano. La única garantía, como lo sugiere Koyré, radica en que los experimentos "presuponen de manera axiomática una estructura matemática de la naturaleza". Si recordamos la tan citada frase *Hypotheses non fingo* (yo no invento hipótesis), Newton parece expresar que las fuerzas con que trabaja son fuerzas matemáticas; y si no fuera así, las usa en tanto que sean tratables matemáticamente.

Pero la coincidencia entre los principios filosóficos de Newton y Descartes no es perfecta. El primero realiza una revisión del programa cartesiano en dos aspectos: uno en cuanto al método mismo y otro al analizar los temas metafísicos y su relación con el método científico y el proceso de adquisición del conocimiento.

La primera objeción de Newton consiste en rechazar que la deducción matemática aporte por sí misma una demostración lógica suficiente para caracterizar como fáctica una conclusión científica. Esta opinión la encontramos en los *Principia*:

> El trazar líneas rectas y círculos es un problema, más no es un problema geométrico. La solución a estos problemas está en la mecánica, y cuando ya resueltos, su uso es evidenciado por la geometría.

El carácter deductivo del método científico establece una cierta certidumbre, pero la solución completa al problema sólo se alcanza al mostrar que esta certidumbre se transmite a los fenómenos naturales. Esta aplicabilidad es demostrada mediante la confirmación que aportan los experimentos, y esta verificación es lo que transforma un cierto conocimiento en conocimiento real. Como señala posteriormente en la *Optica* (1704): "Mi propósito en este libro no es explicar las propiedades de la luz mediante hipótesis, sino el proponerlas y demostrarlas mediante la *Razón y el Experimento*".

En conclusión, la revisión newtoniana del método de Descartes reside en ampliar el método de análisis y síntesis, suministrando un tercer elemento: la verificación experimental.

La segunda revisión de Newton a la tradición cartesiana concierne al papel que juega la metafísica en el método científico. Newton prefiere no mezclar el método con lo tocante a la metafísica y a la religión. Siendo "un hombre religioso, y en muchas formas un místico, no creyó que la religión y el misterio tengan algo que ver con las leyes matemáticas del movimiento planetario, aun cuando ni exista relación entre éstas últimas y la Causa Primera"

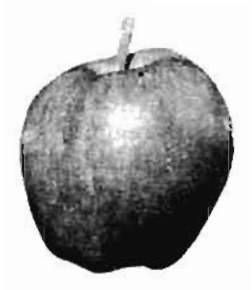
Al contrario de Descartes, Newton consideró que el método científico podía ser utilizado sin

[15] R.S. Westfall, *op. cit.*
[16] Newton, *op. cit.*

presuponer ninguna metafísica, aunque al final de cuentas su ejercicio implicaba consecuencias metafísicas y religiosas. Esta situación se aclara si tenemos en cuenta que Descartes concibe la existencia de Dios desde el punto de vista del sujeto pensante aislado, en tanto que Newton percibe a Dios en una forma más racional (casi escolástica) a partir del orden de la naturaleza, como la Causa Primera. Lo anterior no significa que la existencia de Dios sea más importante para uno que para otro, sólo juega papeles distintos en sus síntesis: en Descartes es la base del método científico y en Newton es el resultado del uso de dicho método. Al devolver a la naturaleza la noción de Causa Primera, Newton revela una "profunda intuición de las limitaciones de una interpretación puramente mecánica de la naturaleza". El libro de la naturaleza puede ser un mecanismo muy complejo, pero aun así requiere de la interferencia activa de Dios para seguir su marcha.

"Dios, quien no sólo constituyó el reloj-mundo sino que continuamente lo revisa. . . para arreglar su mecanismo cuando hace falta. . manifestando así su presencia activa e interés en la creación."[17]

Newton, no obstante ser considerado por su intelecto "el más cercano a Dios entre los mortales", fue incapaz de superar la alienación cartesiana entre el ser pensante y la esencia de las cosas. El mismo Newton fue muy explícito en esta cuestión al declarar que el método científico era inadecuado para penetrar la naturaleza íntima de las cosas. En particular, en una carta a Bentley, uno de sus comentadores, dice lo siguiente: "En ocasiones hablas de la gravedad como algo esencial e inherente a la materia. Por favor, no me atribuyas dicha noción ya que la causa de la gravedad es algo que no pretendo conocer."[18]



Para Newton la gravedad era la clave principal de su *systema mundi* y sin embargo se resignó a nunca conocer su esencia, aspirando sólo a alcanzar un conocimiento completo de su comportamiento. Aun aceptando esta limitación, la ciencia no se ve disminuída, pues aporta una descripción perfecta del comportamiento de la naturaleza, claramente deducible a partir de la experiencia humana y siempre verificable mediante el experimento.[19]

Para la posteridad la síntesis newtoniana sirvió de foco de convergencia de muchos filósofos importantes. Algunos aspectos de su pensamiento serían seguidos por John Locke y alcanzarían su ápice en el empirismo naturalista de David Hume. Otros aspectos serían retomados por Euler y culminarían en la grandiosa filosofía crítica de Kant, quien problablemente llevó a cabo el más profundo análisis de la mecánica newtoniana.

El mito

> A principios del año 1665 encontré el Método para aproximar series y la Regla para reducir. cualquier binomio a dichas series. En mayo del mismo año encontré el método de las Tangentes. . en noviembre tenía el método directo de fluxiones y en enero del año siguiente la Teoría de los Colores. en mayo tuve conocimiento del método inverso de fluxiones. En el mismo año comencé a pensar que la gravedad se extendía hasta la órbita de la Luna y. a partir de la regla de Kepler. deduje que las fuerzas que mantienen a los Planetas en sus Orbitas deben (variar) recíprocamente como los cuadrados de sus distancias a los centros alrededor de los cuales giran: y así comparé la fuerza requerida para mantener la Luna en su Orbita con la fuerza de la gravedad en la superficie de la Tierra, encontrando valores muy cercanos. Todo esto sucedió en los años de la plaga, 1665 y 1666. En esos días estaba en mi plenitud para la invención y me importaban las Matemáticas y la Filosofía más que en cualquier tiempo posterior.[20]

Este pasaje, tantas veces citado, es el origen del mito de los *annus mirabilis* de Newton. Liberado de las presiones académicas, Newton dió rienda suelta a sus inquietudes y en una milagrosa explosión de creatividad hizo los tres descubrimientos que cimentaron su fama eterna.

Estudios recientes indican la inexactitud de la cronología de los eventos. Ha sido establecido de manera confiable que si bien Newton inició trabajos alrededor de 1666 en las áreas que él menciona, los resultados obtenidos en un año distan mucho de lo publicado en los años venideros. Hizo falta un pro-

[17] R.S. Westfall, *Never at rest. A biography of Isaac Newton*, Cambridge Univ. Press.

[18] A. Koyre, *Newtonian Studies*, Chicago, 1965.

[19] H. Butterfield, *Los orígenes de la ciencia moderna*, Taurus, 1982.

[20] Westfall, *Never at rest.*

GRUPO SPICER
EDUCACION
DESARROLLO
SOFTWARE
ALTA FRONTERA
INIVEM
INSTITUTO DE INVESTIGACION DE ALTA TECNOLOGIA

ceso de maduración y adquisición de conocimientos que finalmente desembocó en los *Principia* (1687) y la *Opticks* (1704). En todas sus aportaciones es posible descubrir y analizar la influencia que otros grandes pensadores tuvieron sobre él: Galileo y Kepler inspiraron su búsqueda de causas físicas para los fenómenos naturales; la óptica, los estudios matemáticos y la obra filosófica de Descartes le colocaron en un sitio inmejorable desde el cual lanzarse a una síntesis del conocimiento más ambiciosa; de Wallis y su maestro Barrow tomó las herramientas que le condujeron al método de las fluxiones, mejor conocido hoy como cálculo diferencial e integral; en Hooke y Huygens encontró la idea sobre la descripción de órbitas circulares que resultó fundamental en la postulación de la ley de gravitación universal.

Estas precisiones nos traen una imagen distinta del hombre de genio. El estudio de los manuscritos dejados por Newton (a la fecha el material no editado representaría varios volúmenes)[21] nos revela una vida que no puede ser resumida en términos de ideas deslumbrantes que se suceden unas a otras. Lo que se descubre es una increíble cantidad de trabajo sistemático —Newton poseía una fascinante capacidad para concentrarse en un problema y así podían pasar las horas sin que recordara comer ni dormir— que se inicia a partir de las experiencias de sus predecesores y continúa en base a los progresos que lograba. Los manuscritos muestran que cometió errores y aprendió de ellos, que en ocasiones equivocó el camino y que no siempre comprendió de manera inmediata todas las implicaciones de sus propias ideas. El Newton que surge de esta revisión es más humano y por lo tanto más digno de admiración.

Queda por hacerse un estudio más acabado de los trabajos alquímicos y teológicos de Newton, sin los cuales su imagen queda incompleta. Sin embargo este estudio no alterará la imagen de quien supo, de un solo golpe[22] —el concepto de gravitación universal— revelar la naturaleza de las tres leyes del movimiento planetario expuestas por Kepler, rebatir la teoría cartesiana de los vórtices, resolver el problema del origen de las mareas y aclarar la observación galileana de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración.

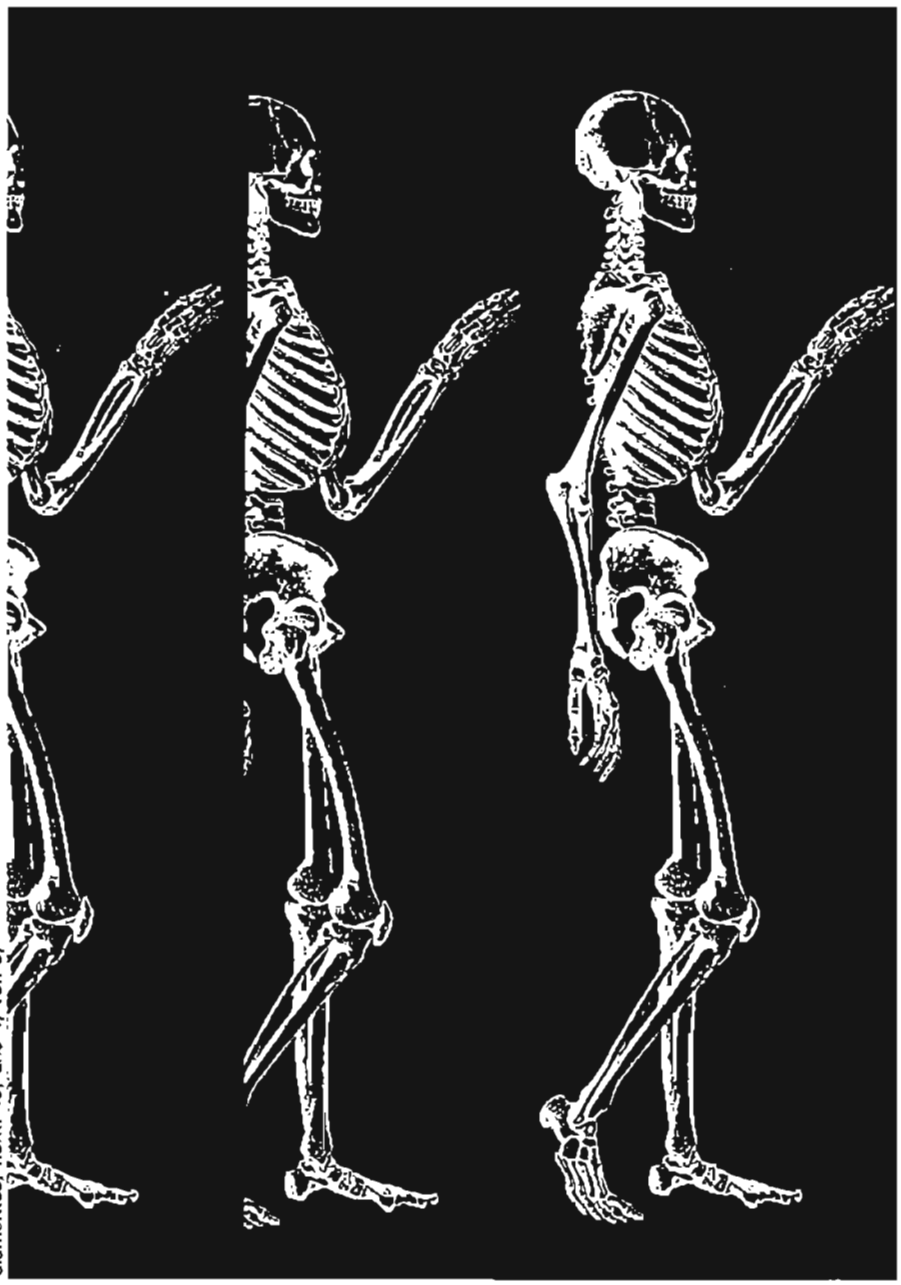
Newton viajó por extraños mares del pensamiento, viajes sin retorno para más de un aventurero intelectual del siglo XVII, y supo retornar cargado de tesoros. En vida alcanzó fama sin paralelo y a su muerte, en palabras de Voltaire, recibió homenajes "dignos de reyes"

[21] R.S. Westfall, "The changing world. "

[22] I.B. Cohen, "Newton's discovery of gravity", *Scientific American*, marzo de 1981.

El psiquismo en la filosofía de Leibniz

Lourdes Rensoli Laliga*



Introducción

La filosofía del siglo XVII cuenta entre sus méritos un trabajo profundo y sistemático sobre la conciencia humana, objeto destacado de estudio en todos sus representantes. El lugar sobresaliente que el problema del conocimiento científico, sus procedimientos y sus relaciones con la vida práctica —si bien sólo en el sentido ético-individual— ocupan en las corrientes principales del siglo, condiciona por sí mismo la necesidad de solución a un conjunto de problemas particulares, derivados, pero de cuyo enfoque dependen las variantes posibles de interpretación de la relación conciencia-conocimiento en la concepción filosófica del mundo y sus repercusiones para las ciencias particulares. La filosofía del siglo XVII, como filosofía de lo finito, de base fuertemente antropológica, asentó sus postulados básicos sobre la concepción genérica de la razón, principio normativo del saber, la moral y la esquemática del mundo. Racionalismo y empirismo

* Agradecemos al Candidato a Doctor en Ciencias Filosóficas M. Shitikov sus valiosas recomendaciones para la elaboración de este trabajo.

** Departamento de Materialismo Dialéctico, Facultad de Filosofía e Historia, Universidad de la Habana, Cuba.

pretendieron resolver definitivamente una misma cuestión: cómo dicha razón finita —común a todos los componentes del género— puede apropiarse la realidad, bien a través de la autoconciencia, bien de la experiencia como puntos opuestos de partida. Pero la apropiación de la realidad también implica la sujeción de todas las facultades humanas a las reglas universales de la razón. De ahí que la razón, principio y fin de la filosofía, ocupara la atención de pensadores tan sobresalientes como Descartes, Hobbes, Locke, Spinoza, Pascal o Leibniz, quienes no sólo intentaron dilucidar la lógica del pensar y su relación con la intuición y la experiencia, sino descifrar integralmente la estructura de la conciencia del hombre, sus propiedades y la relación entre la razón, las pasiones, la voluntad y los impulsos puramente corpóreos o "instintos"; responder en suma la compleja pregunta: ¿qué es el hombre? Entre ellos sobresale G. W. Leibniz a causa del peculiar tratamiento que el psiquismo recibe en su sistema filosófico. No sólo aborda con toda la amplitud que su época permitía la diversidad de fenómenos que la conciencia humana comprende, sino sus relaciones con el psiquismo animal y el mundo físico en general, al que atribuyó la posesión de estructuras psíquicas de menor complejidad y alcance, elaborando así una ontología muchas veces calificada como pansiquista. Entre sus aportes más significativos figuran la concepción de la conciencia como unidad de múltiples determinaciones, la correlación entre lo consciente y lo inconsciente y, por primera vez en la historia de la filosofía premarxista, el desarrollo del psiquismo en los distintos niveles de la naturaleza, con lo cual supera a sus contemporáneos e imprime un viraje a la teoría filosófica del alma, que no será realmente comprendida en toda su profundidad hasta un siglo después. Como subrayara V. I. Lenin, Leibniz fue capaz de destacar, como fundamento último de la conciencia, "un incansable principio de actividad",[1] con lo cual dicho concepto, contrario al mecanicismo imperante en la época, estableció un hito en la historia de la psicología, tratada entonces como una parte de la teoría del conocimiento y de la antropología. El objeto del presente trabajo consiste en mostrar la especificidad del psiquismo en el sistema filosófico leibniziano, sus niveles de organización y sus repercusiones en la concepción general del mundo.

Premisas teóricas y científico-naturales

En el siglo XVII se consolidan dos procesos decisivos en la historia europea, la acumulación originaria de capital y la primer revolución científica global. Al primero se refiere Marx como una sucesión de etapas centradas en diferentes países de Europa que culmina en Inglaterra a fines del siglo con el acuerdo entre las instituciones políticas y la legislación vigente y las nuevas relaciones económicas.[2] Alemania, considerablemente atrasada desde el punto de vista económico, aportó sin embargo la Reforma, que dotó al cristianismo de una modalidad típicamente burguesa,[3] mientras que la renovación en todas las formas de la conciencia social, a través del humanismo renacentista primero y más tarde en sus vertientes racionalista y empirista, acompañó este proceso en todos los países de Europa, a partir de estrechas relaciones recíprocas que pudieron ser obstaculizadas, pero no eliminadas, por el amplio dominio de la clase feudal subsistente en Francia, Alemania o España. Para comprender los fenómenos científico-teóricos y culturales propios de esta época, se hace imprescindible el análisis en sistema de la Europa de entonces, en rápido ascenso hacia el capitalismo, pues sólo la mutua influencia entre sus países permite comprender por qué en algunos de los más atrasados florecen corrientes ideológicas de avanzada, representativas de la burguesía revolucionaria, no siempre suficientemente desarrollada como clase en los mismos.

En relación con el segundo proceso de la revolución científica, Engels señala cuatro factores condicionantes de primer orden: progreso del capitalismo en Europa como un todo orgánico, desarrollo de la industria, nuevos descubrimientos geográficos de importancia económica y científica, y existencia de la imprenta, los cuales redondean el análisis realizado en *El capital* por Marx. Si partimos del criterio marxista-leninista del vínculo genético entre las grandes transformaciones socio-económicas y las revoluciones científicas globales, podemos, a partir de los elementos mencionados, comprender el viraje que sufre el conocimiento científico y filosófico en esta etapa. No hubo ciencia que no experimentara una transformación radical de sus métodos, objeto de estudio y el cuadro consiguiente del mundo. La repercusión de la ciencia moderna en la formación de los nuevos problemas y métodos de la filosofía, en el enfoque de sus corrientes, es harto conocida.

Dos tendencias es necesario destacar, que en el pensamiento científico-natural de la época (no olvidemos la falta de ciencias, en su sentido moderno, sobre la sociedad y la historia) influyen decisivamente en el

[1] V.I. Lenin, *Cuadernos filosóficos*, Ed. Política, La Habana, 1964, p. 372.

[2] C. Marx, *El capital*, Ed. de Ciencias Sociales, La Habana, 1973, t. I, pp. 688-689.

[3] *Op. cit.*, t. I, p. 661.

tratamiento filosófico del problema del hombre y, por ende, del concepto de psiquismo: el mecanicismo y el organicismo, característicos del enfoque del mundo propio de las ciencias de nivel empírico, que tendieron a absolutizar uno u otro aspecto de la organización de la naturaleza. La primera, impulsada por las necesidades técnicas de la producción capitalistas,[4] concibió la naturaleza y cada uno de sus fenómenos, materiales y espirituales, como una máquina cuyas partes interactuaban en forma externa, a partir de acciones y reacciones. La geometría analítica dio una expresión matemática acabada a dicha concepción. De ahí el lugar del método analítico-deductivo en muchas doctrinas influidas por el mecanicismo. Esta primera variante, en la cual se apoya, según T. Kuhn, el paradigma científico característico de ésta época,[5] alcanza su máxima expresión a fines del siglo XVII con la formación del sistema newtoniano, síntesis de más de dos siglos de progresivos descubrimientos y que vertebró con solidez estructural y de principios todas las variantes del movimiento mecánico y las propiedades de los fenómenos sujetos al mismo.

La segunda tendencia, el organicismo, no afianzaría sus observaciones sobre bases experimentales rigurosas hasta la segunda mitad del siglo XVII, con el estudio al microscopio de los organismos vivientes. Con anterioridad sin embargo, a pesar de basarse en una interesante combinación de observaciones empíricas nada carentes de cientificidad, de especulación, mágica, incluso, y de asimilación de doctrinas de la antigüedad, plenas de dialéctica espontánea, múltiples concepciones sobre la relación entre la naturaleza, la vida y el psiquismo se habían difundido en Europa. Estudios realizados por investigadores como Paracelso, Van Helmont, Cornelio Agrippa, G. Bruno y Telesio, por sólo citar algunos casos, consideraban la vida como propiedad esencial de la naturaleza, indisolublemente unida al psiquismo en diferentes niveles e irreductible a un esquema mecánico. Pese a carecer de pruebas experimentales irrebatibles, esta concepción continuó sustentándose y abriéndose paso lentamente en parte del ámbito científico del siglo XVII, y los descubrimientos de Malpighi, Swammerdam y Leeuvenhoek suministraron fuertes elementos a su favor, que influirían profundamente en la respuesta leibniziana al problema, según él mismo reconoce en su *Nuevo sistema de la naturaleza,* y en parte, en su correspondencia filosófica.[6] Si los primeros sustentaban la animación universal de tipo hilozoista, los últimos asestaron duros golpes a la concepción metafísica de lo vivo, como radicalmente opuesto a lo no vivo según características sensorialmente verificables. El descubrimiento de la metamorfosis complicada de los insectos, de la presencia de corpúsculos espermáticos en el fluido seminal de los mamíferos, la paulatina formación de los embriones en el huevo y en el interior de los vertebrados superiores, condujeron a la idea de la continuidad entre todas las formas de la naturaleza, no ya a partir de doctrinas tan primitivas como la de la generación espontánea, sino de pruebas experimentales que obligaron incluso a variar la clasificación sistemática. Estas dos tendencias de la ciencia del siglo XVII, integradas en el sistema leibniziano, condicionan su concepción del psiquismo. Hemos de referirnos a continuación al tratamiento de problemas en algunos sistemas filosóficos precedentes, fuentes sobresalientes del pensamiento de Leibniz.

Fundador de la corriente racionalista, Descartes estableció la razón como propiedad característica del género humano, esencia absoluta, inmutable, de alcance ilimitado, a partir de la cual se erige el hombre en centro del universo. No deben identificarse empero los conceptos de razón y conciencia, pues para Cartesius esta última incluye tres propiedades: razón, voluntad y pasiones.[7] Mientras que la razón, genérica, produce por su propia naturaleza ideas verdaderas y por ende, idénticas en todos los sujetos pensantes a menos que la voluntad intervenga para torcer su recto curso, las pasiones difieren en los hombres, de acuerdo con su constitución física, su educación y sus costumbres. La percepción de objetos del mundo exterior, tal que condiciona diversos actos-respuesta posibles, provoca una acción determinada del alma sobre la glándula pineal, órgano de conexión entre ésta y el cuerpo, a través de la cual se impulsa el mismo hacia la reacción esperada. Es decir, que la voluntad interviene decisivamente tanto en la realización de actos acordes con las pasiones como en el uso adecuado de la razón, pues la libertad de elección que el uso de la voluntad representa, supone también la posibilidad de elegir un método inadecuado que tuerza el rumbo natural de la razón y conduzca al error, acci-

[4] Véase: Carta de F. Engels a Starkenburg del 25 de enero de 1894. En: *Obras escogidas,* Ed. Política, La Habana, 165. t. 3, pp. 380-381.

[5] T. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas,* FCE México, 1971, pp. 62-66 y 166-169, entre otras.

[6] Véase: G.W. Leibniz, *Fundamentos de la naturaleza,* Ed. TOR, B. Aires, 1940, p. 119. Sobre Van Helmont, Paracelso y Agrippa, véase: G.W. Leibniz, *Sämtliche Schriften und Briefe. Zweite Reihe: Philosophischer Briefwechsel,* Erster Band. Akademie-Verlag, Berlin, 1972. S. 21, 68, 142, 253, 22, 76.

[7] R. Descartes, *Obras escogidas,* Ed. de Ciencias Sociales, La Habana, 1971, p. 235: "De las pasiones en general y de la naturaleza del hombre", 1a. parte, artículo 17.

dente imposible para la razón no interferida por la voluntad.

Para Descartes el psiquismo presenta la siguientes características:

1) Se circunscribe al hombre.

2) Implica la conciencia del mundo exterior y la autoconciencia. La primera determina la realización de actos. La segunda, la realización de actos *racionales*, pues preside el verdadero saber, cuyo poder transformador sobre el hombre que lo lleva a cabo es conocido.

3) Supone la independencia del alma con respecto al cuerpo, verdadera máquina, común entre el hombre y los animales, que se caracteriza por ser masa inerte y funcionar de manera automática, vale decir, exacta, sujeta a leyes necesarias.

De ahí la afirmación cartesiana: "¿Qué soy? Una cosa que piensa. ¿Y qué es una cosa que piensa? Es una cosa que duda, entiende, concibe, afirma, niega, quiere, no quiere, imagina y siente."[8] Esta libertad de elegir entre múltiples contingencias que se presentan al espíritu, de elegir bien o mal, diferencia esencialmente alma y cuerpo. De ahí que la unión entre ambos, centrada en la glándula pineal, sea una forma de superposición mecánica. El problema psicofísico queda sin una solución satisfactoria a causa del dualismo insuperable. Las propiedades del alma no pueden explicarse a partir de la simple acción de la materia mecánica, en lo que Descartes tiene razón, pero al reducir a esta sola variante el concepto de la materia (*res extensa*) se imposibilita explicar el psiquismo como producto de una forma específica de organización material. Al relegar las reacciones animales al nivel de respuestas a estímulos mecánicos, Descartes no puede establecer el psiquismo como propiedad del mundo natural; de ahí la fatal necesidad de vincularlo con nociones teológicas como la inmortalidad del alma y categorías gnoseológicas y antropológicas. Se hace evidente una vez más la falta de un deslinde satisfactorio entre la filosofía y las disciplinas científicas particulares que abordan niveles específicos del mundo natural, defecto que el siglo XVII comparte en general con la filosofía premarxista. El extremo racionalismo cartesiano, al culminar en un dualismo cuyas raíces son en gran medida mecanicistas, reduce el psiquismo a sustancia, presente sólo en los integrantes del género humano, con lo cual la multiplicidad de significados y manifestaciones del mismo en la naturaleza se pierde en unas cuantas determinaciones abstractas.

En el caso de Baruch Spinoza, el segundo de los tres grandes racionalistas del siglo XVII, encontramos un monismo materialista según el cual la extensión (rasgo definitorio de la materia como masa) y el pensamiento son atributos de una única sustancia: la naturaleza. De esta forma, la naturaleza toda es causa del psiquismo, que no se circunscribe a uno de sus géneros, sino constituye una propiedad esencialmente ligada al sistema de la naturaleza, regida por las mismas leyes necesarias a las cuales está sujeto el todo. Una idea de Spinoza resulta particularmente significativa en relación con la interpretación del psiquismo: no es posible comprender la génesis del pensamiento (entendido como espiritualidad o idealidad en general) a partir de su base material *inmediata*, dada la especificidad respectiva de la materia y espíritu que los diferencia cualitativamente, pero puede conocer o reproducir (el alma) los fenómenos concernientes al cuerpo por corresponderse su organización con la de éste.[9] ¿De dónde extraer entonces la "verdadera" relación entre alma y cuerpo, o, más claramente y en un sentido más amplio, entre conciencia y materia? Sólo de la sustancia-dios-naturaleza, del sistema que forma la realidad en general, puesto que el pensamiento es un atributo de la sustancia, y como tal, al expresar su esencia eterna e infinita, no puede reducirse a ninguna de sus modalidades, vale decir, al pensamiento humano en ninguna de sus variantes. ¿Hay entonces, como en el caso de Descartes, superposición mecánica entre ambos? Definitivamente, no, puesto que hay un principio genético común: la naturaleza. Y esta concepción, realmente asombrosa para el siglo XVII, nos conduce a una conclusión: la naturaleza, en la medida en que es esencialmente material, contiene como una de sus determinaciones esenciales también al pensamiento, independientemente de que éste se concrete en la variante conocida del pensamiento humano o no. Se trata de un atributo de la sustancia y no de los fenómenos del mundo físico en los cuales se manifiesta. Dos siglos más tarde, Federico Engels expresaría una tesis similar desde las posiciones del materialismo consecuente, al escribir: ". . . tenemos la certeza de que la materia permanecerá eternamente la misma a través de todas sus mutaciones, de que ninguno de sus atributos puede llegar a perderse por entero y de que, por tanto, por la misma férrea necesidad con que un día desaparecerá de la faz de la tierra su floración más alta, el espíritu pensante, volverá a brotar en otro lugar y en otro tiempo."[10]

La vieja polémica, en el campo de las ciencias bio-

[8] R. Descartes, *Ibid.*, p. 64.

[9] B. Spinoza, *Etica*, FCE, México, 1958, pp. 72-73 (proposiciones XIX-XXI).

[10] F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, Ed. Política, La Habana, 1979, p. 20.

lógicas, acerca de la vida y el psiquismo como fenómenos necesarios o casuales, no ha, ni mucho menos, concluido. El problema del tránsito de las estructuras orgánicas no vivientes a las vivientes, sin respuesta clara en muchas de las hipótesis elaboradas al respecto, se aborda en la actualidad por autoridades como A. Liapunov a partir de un enfoque cibernético. La información codificada sería, a su juicio, el elemento fundamental para la autoconservación que permite la estabilidad de la sustancia viva. A pesar del carácter incipiente, primitivo incluso, de la concepción leibniziana de la programación, veremos cómo se encuentran en su doctrina ya los gérmenes del enfoque cibernético sobre la vida y la autoactividad. En el caso de Spinoza la autonomía relativa de las estructuras vivientes no se plantea aún, pues todo ser individual queda absolutamente subordinado a la sustancia. Spinoza sin embargo comprendió muy bien que una función principal de la filosofía es fundamentar una concepción general sobre los rasgos y propiedades esenciales del universo, dejando en ocasiones que las ciencias particulares se encarguen de corroborar dicha concepción. La vida como fenómeno necesario, esencialmente ligado a la naturaleza, reaparece en nuestros días en numerosas doctrinas científico-naturales que demuestran la vigencia de la postura espinocista.

Spinoza se manifestó contra la teoría cartesiana de la glándula pineal como órgano coordinador entre las funciones síquicas y corpóreas. La crítica espinocista no debe entenderse como simple oposición de una teoría metafísica sobre el alma a una de carácter científico-natural, sino que alcanza proyecciones de considerable magnitud. Por otra parte, ataca el reduccionismo fisiologista en torno al problema sicofísico, pues el alma, en toda su integridad, está unida al cuerpo, también en toda su integridad y no resulta posible la "localización" de su unidad en ninguna zona específica, lo cual reforzaría la interpretación mecanicista según la cual el cuerpo constituye una maquinaria en la que la glándula pineal actuaría a manera de válvula de entrada de energía. No pueden entonces escindirse el movimiento físico y el psíquico, pues ambos, inseparables en tanto atributos de la naturaleza, se expresan en el hombre a través de un paralelismo dado por la identidad entre el orden y conexión de las ideas y de las cosas, y por constituir el cuerpo el "objeto de la idea del alma" Resulta así un solo individuo, cuya causa es necesario buscar, no en el propio individuo, según los cartesianos y mecanicistas en general pretendían, sino fuera del mismo, en el sistema del cual forma parte, y que, sin embargo, no es esencia, sino su principio genético. El hombre, animal racional para el siglo XVII, no tiene como esencia la naturaleza infinita en su conjunto, sino que esta es causa del mismo *como fenómeno en general,* y por ende, causa de su esencia, que se expresa a su vez en cada individuo. Nunca el materialismo había llegado tan lejos a la hora de explicar la conciencia y sus relaciones con el mundo material, y menos aún en una etapa en la que sólo cabían dos opciones para las ciencias en las que este materialismo se apoyaba: el mecanicismo, capaz de brindar resultados comprobados rigurosamente pero lastrados por el reduccionismo, y el organicismo, inseparable aún de la intuición y la especulación que, como es sabido, pueden conducir tanto a previsiones geniales, cuya corroboración concierne al futuro, o a conjeturas fantásticas e incluso, místicas. Las especulaciones espinocistas han de incluirse, sin duda, en el primer grupo, puesto que, en torno al problema antropológico, supo brindar una solución nueva y original, no sólo a las interrogantes planteadas por los fenómenos psíquicos y su génesis, sino al propio problema fundamental de la filosofía, principio metodológico indispensable para abordar semejantes tareas. Pero bajo la crítica espinocista a la teoría de la glándula pineal, como conexión entre el alma y el cuerpo, podemos encontrar también un decidido pronunciamiento contra el voluntarismo al que, en última instancia, conduce la relación cartesiana entre la razón, las pasiones

y la voluntad en tanto facultades del alma. No es posible entonces el absoluto control de las pasiones. Esto, según Spinoza, es contrario a la propia postura racionalista que, seguida consecuentemente, debe establecer la razón y sólo la razón como motor de la voluntad y reguladora de las pasiones. Lo contrario conllevaría a la larga aceptar la improbable subordinación absoluta del cuerpo al alma por mecanismos tan poco claros como por ejemplo, las prácticas esotéricas, bastante desprestigiadas ya en tiempos de Spinoza, por juzgarse impropias de la actitud racionalista. La racionalización de nuestras impresiones es entonces camino seguro para que, racionalizando también nuestras pasiones, estas encuentren, no la vía muerta de la represión —tan socorrida por religiones y escuelas filosóficas desconocedoras, si no enemigas de la naturaleza humana— sino su regulación a partir del conocimiento del Dios-sustancia-naturaleza y la aquiescencia con respecto a sus leyes. Este es el "amor de dios" espinocista, base de la comunidad universal humana cuya única ley es la libertad, no ya entendida como indeterminismo, sino como sabiduría: conocimiento de la necesidad y vida acorde con la misma.

El psiquismo tiene, de acuerdo con lo expresado, un doble carácter para Spinoza: uno más universal, esencialmente ligado a la naturaleza; otro, de la forma particular en que se manifiesta en la relación cuerpo-alma, a partir del recíproco condicionamiento de ambos, pues no hay que olvidar que son concreciones de atributos y, como tales, equivalentes entre sí. De esta dialéctica de la relación psicofísica extraería Leibniz conclusiones decisivas para la formación de su ontología y su sistema en general, en el que ocupa un lugar primordial al problema del psiquismo.

El sistema leibniziano: ontología y psiquismo

La formación enciclopédica de Leibniz fue un factor tan importante como su capacidad de síntesis en el desarrollo progresivo de su concepción filosófica, expresión de los intereses de la burguesía revolucionaria europea. Si bien la sociedad alemana, semifeudal, no poseía las condiciones necesarias para la formación de una clase burguesa económicamente poderosa, ni con clara conciencia de clase —lo cual se refleja en las concesiones a la teología, presente en las producciones culturales de la época y en el pensamiento de Leibniz— éste pudo escapar a la estrechez de miras de la burguesía alemana del siglo XVII. Gracias a la posición relativamente desahogada que su relación con las casas de Brunschwigt y Hannover le procuraron, así como la protección de Sofía-Carlota, Leibniz pudo viajar por varios países de Europa y establecer relaciones, personales y por correspondencia, con la intelectualidad más destacada de su tiempo. Su vínculo con misioneros lo pusieron en contacto con aspectos significativos de la cultura de países orientales, cuya repercusión en su pensamiento se evidencia en muchas de sus obras, sobre todo en los *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano,* al discutir en torno al problema de la metempsicosis, significativo para el presente trabajo.

La ontología leibniziana parte de una base definidamente antropológica. En el *Discurso de metafísica,* escrito entre 1684-86, pueden encontrarse ya formuladas las tesis centrales de la misma, las cuales desarrollaría a todo lo largo de su vida, hasta culminar en las obras correspondientes al periodo de 1700-16. En este tratado, el punto de partida de la reflexión es precisamente, el tan discutido problema sicofísico. De la coherencia, unidad y concomitancia entre el alma y el cuerpo, extrae Leibniz una conclusión: el principio medular de la sustancia es la actividad, como vida e inteligencia. Y si bien en esta primera obra fundamental el análisis gira en torno al hombre en calidad de sustancia, su destino y su obrar y acaecer, se establece ya la necesidad de extender dichas consideraciones a los fundamentos generales de la metafísica.

La *Monadología* y el *Nuevo sistema de la naturaleza,* constituyen la expresión más acabada de su ontología. El concepto de mónada, plenamente desarrollado, se expresa en ellas en toda su riqueza y profundidad. Mónada es sustancia, sustancia es organismo, organismo es vida. Pero vida es psiquismo. Dicha correlación, asombrosa para los racionalistas más conservadores, sospechosa para los teólogos, le atrajo ataques e incomprensiones de toda índole. Sólo la posteridad podría juzgar críticamente, desde posiciones científicas, una doctrina de la cual Lenin expresó: "He aquí un tipo de dialéctica, y muy profundo, *a pesar* del idealismo y clericalismo."[11]

La idea del pluralismo ontológico resultó innovadora no sólo por introducir la noción de sustancia individual en la metafísica racionalista. A lo largo del siglo XVII, sustancia significaba en su forma "clásica", sustrato o esencia última de todo lo real, por lo cual, el problema que dicha esencia planteaba al reducir a simples manifestaciones la riqueza universal, se había intentado resolver sólo a través de la oposición monismo-dualismo. La noción de individuo aplicada a la sustancia, representó un viraje en el contenido mismo de la metafísica, pues su consecuen-

[11] V.I. Lenin, *Cuadernos filosóficos,* Ed. Política, La Habana, 1964, p. 374.

cia primera fue forzosamente la vinculación entre el determinismo causal y un número *n* de grados de libertad, dependiente del individuo mismo. Pero la segunda implicación consistió en un violento ataque contra el mecanicismo, al romper con la noción de sustancia como esencia genérica (Descartes), basada en la absolutización de una propiedad, y con la propia concepción espinocista del mundo físico, carente de la profundidad dialéctica de su *Deus sive natura sive sustantia.* Pero una sustancia individual implica autonomía. ¿Qué puede condicionar dicha autonomía? Ante todo, según Leibniz, el contenido interno de la mónada y no otra cosa. No hay influencia exterior posible, en la constitución y funcionamiento de cada mónada, pues no tiene partes y no es material, de acuerdo con la infinita divisibilidad de la materia —principio que asimiló Leibniz de la física cartesiana—, la cual hace imposible encontrar en ella un límite o esencia última constitutiva (ella misma es esencia). De la tesis cartesiana, extrajo Leibniz la conclusión de que el único límite posible para la materia, el sustrato o sustancia, es de índole espiritual al tender a cero el *quantum* de materia tomado como norma para su división. Nótese la profunda influencia de dos conceptos tomados de las ciencias contemporáneas: el concepto de vida y el de diferencial.

La teoría leibniziana de las fluxiones, expresión primera del cálculo infinitesimal, dio expresión matemática a la idea de lo infinitamente pequeño en tanto límite de una división extendida tanto como se quiera,* la cual, en su forma moderna, se enuncia:

$$\frac{dy}{dx} = f'(x) = \lim_{x \to a} \frac{y-b}{x-a}$$

La mónada es en realidad un caso particular de límite de funciones, con propiedades específicas como toda función derivada, pero es más: es el límite ser, pues todo ser es expresable según Leibniz mediante una función. En calidad de tal, contiene y supera todas las determinaciones esenciales, inherentes a la multiplicidad de grados que el ser abarca. Es aquí donde los conceptos de vida y siquismo se funden con el ser o mónada.

La vida, al modo cartesiano, como propiedad de los autómatas, resultaba para Leibniz lamentablemente definida, mutilada en toda su vastedad. De ahí que apelara, en sus pesquisas sobre la misma, a los esóteras renacentistas que definieran la vida como misterio, a través de sus indagaciones alquímicas y médicas, como fluido imponderable, emanación divina o animación de tipo hilozoístico, pero en cualquier caso, principio específico, irreductible a la suma de los componentes orgánicos ni a los elementos naturales. Más satisfactorio resultaba para Leibniz este enfoque que el convencional mecanicismo, incapaz de explicar el automovimiento y la variabilidad de los fenómenos naturales, así como la reproducción, transformación y perfectibilidad de lo real. Bruno, Agrippa, Paracelso, Van Helmont, le transmitieron a Leibniz una antiquísima concepción, que interpretaría a partir de perspectivas originales y más fundamentadas desde el punto de vista científico: la existencia de una jerarquía universal, compuesta por grados de materia correspondientes con grados de conciencia que constituyen sus principios internos. De ahí la constitución del mundo en forma de sistema de sistemas, cada uno de cuyos niveles reproduce la estructura general. A nivel macrocósmico, Dios brinda coherencia y unidad al sistema de la naturaleza, en su condición de mónada central. En cada cuerpo actúa asimismo una mónada, el conjunto de sus representaciones internas se coordina y unifica a través de la percepción.[12] Cada mónada es entonces un "espejo viviente" o "punto de vista sobre el universo". Esto es, su contenido expresa, en un sentido específico, desde una perspectiva determinada, todas las relaciones univer-

* Carta de Leibniz a Jean Gallois (fines de 1672) en: *Samtliche Schriften und Briefe.* ., S. 222-223.

[12] G.W. Leibniz, *Fundamentos de la naturaleza,* p. 57.

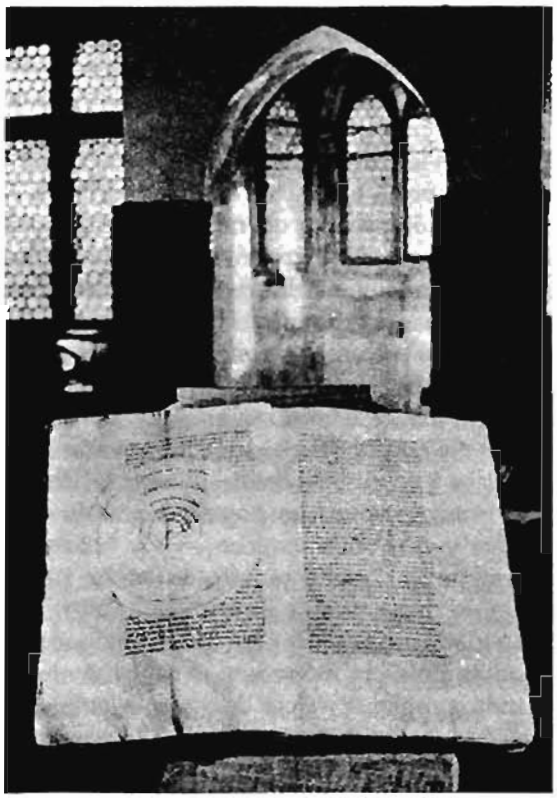
sales, aunque, según el grado de proximidad y relación de los sistemas dicha expresión se hace más clara o más confusa. Las representaciones sobre el mundo exterior se generan en la mónada a partir, exclusivamente, de la ley interna que la rige o programa. Leibniz, pues, aporta a la historia de la teoría del reflejo una concepción peculiar del mismo: es propiedad universal de la materia, pero sólo porque la materia es, en esencia, conciencia. La reproducción de estructura que implica el reflejo, en su forma general, es interpretada en este caso de manera idealista objetiva a partir de la absolutización del reflejo síquico. El innatismo, tradicional en el racionalismo del siglo XVII, se evidencia en esta teoría de la percepción del mundo exterior a partir sólo del despliegue de determinaciones internas, pues no hay intercambio entre las mónadas y el mundo externo.

El reflejo, de origen innato, es activo, pues en la medida en que contiene una imagen del mundo en su totalidad, implica un progresivo enriquecimiento del contenido de la mónada y el surgimiento de formas más complejas y ricas de organización en el sistema de las representaciones, pues la percepción es eso: unidad de una multiplicidad de elementos, o sea, información estable que porta asimismo los fundamentos de su superación. Pero aporta aquí Leibniz algo más en torno al problema del psiquismo: la existencia de información no concientizada en las mónadas. En contra de la escuela cartesiana, para la cual la razon piensa siempre y su pensamiento es, en todo momento, autoconsciente a partir del uso del método universal, Leibniz considera que no todo conocimiento es, de por sí, reflexivo, y la memoria almacena a menudo aspectos desconocidos para el sujeto portador. Por eso diferencia entre *percepción y apercepción*, que son formas de organización de las representaciones, pero principio de la unidad de las psiquis la primera, y principio de la autoconciencia la segunda, que supone por tanto la anterior. Es eso lo que diferencia los estados comúnmente conocidos como vida y muerte, pues todo fenómeno incluye una proporción entre mónadas de ambos tipos, o sea, dotadas de información consciente e inconsciente. La pérdida, el apagarse de la autoconciencia, la "confusión" de toda la información contenida en las mónadas de un organismo vivo, es lo que ocasiona la disminución en la intensidad de la autorregulación, que se denomina generalmente muerte. Aporta Leibniz aquí, con claridad asombrosa para su época, a pesar de sus limitaciones idealistas, dos conceptos nuevos en la historia de la psicología: la existencia de lo inconsciente como parte de la psiquis, y la concepción de la muerte como pérdida definitiva, irreversible para un mismo individuo, de la autoconciencia. Muerte no significa entonces un salto entre dos estados metafísicamente contrapuestos, sino un proceso de debilitamiento de la organización del sistema viviente. Su deterioro, a partir de la pérdida de su estabilidad relativa, ocasionaría su desmembramiento. Nótese cómo Leibniz se acerca, según mencionamos en las primeras páginas de este trabajo, a las modernas definiciones de la vida según el enfoque cibernético. La programación interna de la sustancia contiene, no sólo la ley que preside su existencia como tal, es decir, su estabilidad relativa, sino su paso a otra forma de organización, a otro sistema; en suma, la "muerte" del individuo del cual forma parte y el paso "a un escenario más vasto", a otro sistema programado también internamente de la misma manera. Los más recientes aportes de las conciencias acerca de lo que debe considerarse como muerte —pérdida (en el caso del hombre) de las funciones nerviosas superiores mientras el resto del organismo, si no ha sido lesionado, puede mantenerse vivo, por medios artificiales que suplan la búsqueda autónoma de elementos para la subsistencia— nos permite juzgar con mayor profundidad la genial intuición leibniziana, según la cual nacimiento y muerte son procesos y no actos, con lo cual rompe una vez más con las nociones esquemáticas de las ciencias de su época. De acuerdo con su posición idealista y sus frecuentes concesiones a la religión, aunque fuera en sus formas menos ortodoxas, la aparente muerte constituye el punto de partida de un nuevo estado cuyo progreso implicará la reaparición de la vida aparente (recordemos que toda mónada es vida, y por consiguiente, vida y muerte son conceptos aplicables sólo a los fenómenos del mundo físico). Por eso, a pesar de rechazar la transmigración, admite Leibniz la inmortalidad del alma, que pasa a formar parte de otros sistemas organizados. Al igual que la metamorfosis del insecto, cuya transformación es crisálida, muerte aparente, es sólo la gestación de una forma superior de vida, las almas se perfeccionan constantemente al transformarse en componentes de sistemas mayores y más complejos.[13] Por eso la armonía prestablecida, principio artificial en alto grado, en contraste con valiosas premoniciones científicas presentes en todo su sistema, intenta explicar la organización última de los subsistemas existentes en la naturaleza, de forma tal que el devenir de cada sustancia resulte concomitante con el resto, supliendo así en sentido teleológico la falta de una teoría de la interacción universal. No es nuestro objetivo delimitar aquí las raíces gnoseológicas de la armonía prestablecida, sino solamente señalar que la

[13] Leibniz, *Teodicea*, Ed. Claridad, B. Aires, 1946, pp. 160-162.

programación armónica del universo por parte de Dios, mónada de las mónadas, significa que la percepción divina, en su infinitud, unifica todas las percepciones existentes en cada sistema. Existe pues analogía entre el intelecto divino, que equivale a la organización universal, y cualquiera de las sustancias, cuyo devenir obedece a un fin predeterminado por la mónada central programadora. Confirma esto el carácter absoluto y primario que el psiquismo en su más alto grado, la conciencia, tiene para Leibniz. A diferencia de la materia inerte, sujeta a la necesidad e incapaz de autorregulación, el espíritu obedece a la libre elección, encaminada a obtener óptimos resultados, según el empleo más conveniente de las leyes necesarias.[14]

Es así que el universo es entidad racional que se programa a sí misma según el designio de su inteligencia. No es casual que Leibniz denominara *vis viva* a la primera forma de energía interna que admitieron como cierta, por mensurable, las ciencias en el siglo XVII y que él mismo descubrió. En suma, según es típico en la filosofía moderna burguesa, el reino de la necesidad, propio de la materia, se opone el de la libertad y la inteligencia, propio del espíritu, que para Leibniz es sinónimo de vida.



Antropología y psiquismo

Retornemos a la base del sistema, que calificamos en el epígrafe anterior, de antropológica. La sustancia, en calidad de principio psíquico indica ya una extrapolación de características humanas al plano metafísico. Se hace necesario determinar entonces el lugar del psiquismo en esta antropología.

El hombre es para Leibniz un ser genérico. En esto coincide con Descartes y con sus contemporáneos. Sin embargo, no cree posible reducirlo a la razón. Es unidad alma-cuerpo, lo cual replantea el problema psicofísico. Hay entonces que dilucidar los conceptos de alma y cuerpo. Alma o psiquismo es una propiedad universal. La posesión de autoconciencia determina el caso del hombre en calidad de espíritu. Pero la autoconciencia es una propiedad distintiva que se da inevitablemente ligada con las representaciones confusas y lo inconsciente, impresiones que afectan al alma pasivamente, pues aunque son resultado en última instancia de su actividad interna, no son regulables conscientemente, al menos de inicio.

Leibniz acepta la división, tradicional en el siglo XVII, de las facultades espirituales en razón, pasiones y voluntad. Pero destaca una cuarta: la memoria, pues en cada estado de la conciencia se resume su historia, y dada la evolución que ésta experimenta, el pasado se conserva en la misma medida en que se supera: "se podría conocer la belleza del universo en cada alma si fuera posible desenvolver todos sus repliegues, que únicamente con el tiempo se despliegan sensiblemente."[15] Advierte empero contra el voluntarismo, pues, a su juicio, la voluntad se inclina de acuerdo con la totalidad de aspectos con los cuales se relaciona indisolublemente; la causa de su elección no es necesaria, sino libre, pero su libertad está condicionada, con lo cual se aleja del indeterminismo cartesiano y del absoluto determinismo espinocista por igual. No siempre la sabiduría es quien mueve el uso de la voluntad, y finalmente, Leibniz subordina dicha facultad al sistema que los elementos del espíritu componen. Por otra parte, razón no es autoconciencia permanente pues la existencia de lo inconsciente, manifestada a menudo durante el sueño, resulta incuestionable para Leibniz según hemos visto.[16] Los mecanismos oníricos fueron estudiados por Leibniz con profundidad. No sólo descartó la teoría platonizante según la cual alma y cuerpo se separan durante el sueño, sino que sostuvo que en la conciencia

[14] Leibniz, *Fundamentos de la naturaleza*, p. 67.

[15] *Ibid.*, p. 68.

[16] *Ibid.*, p. 69. Véase también: B.W. Leibniz, *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, M. Aguilar Editor, Madrid, 1928, pp. 73-75.

humana existe un flujo ininterrumpido de sensaciones y pensamientos de los que no siempre tiene noción el sujeto y que afloran durante el sueño. Si durante la vigilia se perciben, como en un segundo plano, ciertos fenómenos influyen sobre la conciencia sin que se hagan evidentes a menos que un estímulo especial atraiga la atención del sujeto sobre ellos. Este estado persiste en cierta medida en el sueño, en el cual no resulta esencial la imaginación de situaciones, propia del mecanismo onírico, sino que, produzcase o no ésta, el cuerpo percibe, aunque de forma más apagada, los fenómenos del exterior. Dichos fenómenos se conservan en la memoria y condicionan, ya sea la imagen onírica —formada también por combinación de representaciones propias de la vigilia— o el estado de inconsciencia. Al no actuar el principio autoconsciente, regulador del pensar, en toda su intensidad, puede producir resultados insólitos, por su divergencia con el mundo real y la vida habitual del soñante. Lo inconsciente pues, se expresa en el sueño de manera semejante a la muerte, que es latencia o apagamiento temporal. Se convierte así el sueño en un medio de conocimiento, del cual pueden extraerse también conclusiones sobre al alternancia de la vida y la muerte según Leibniz. A pesar de sus insuficiencias idealistas, intentó encontrar, en la sustancialidad humana la explicación de mecanismos hasta el momento considerados misteriosos e inaprehensibles. La antropología recoge e intenta resolver problemas propios de la psicología, inexistente entonces como ciencia independiente.

Lo más característico en el hombre es que la racionalidad que lo tipifica puede expresarse, a diferencia del resto de los seres, no sólo en percepción y autoperpetuación, sino en creación, o sea, reproducción de objetos de la naturaleza y producción de objetos artificiales, fruto de su pensamiento; ya sea del impulso artístico o del conocimiento científico aplicable a la técnica. Augusto Schlegel, en el siglo XVIII, afirmó justamente que en Leibniz, la imaginación y la memoria, facultades esenciales para la producción artística, al quedar subordinadas al pensamiento lógico, lo cual es propio de todo sistema racionalista, quedan "detenidas en su vuelo".[17] Destaca con esto el fondo metafísico presente en todo sistema filosófico del siglo XVII: la absolutización de la razón por sobre el resto de las capacidades humanas. Por más que Leibniz intente vincularla con todo el contenido y las facultades de la conciencia humana (como lo expresa, al final de los *Nuevos ensayos*. ., cuando discute el carácter de ciencia o arte de la geometría, la cual es bien sabido que exige tanto del pensamiento lógico como de la imaginación; su aplicabilidad a las artes plásticas, muy bien estudiada ya por predecesores de Leibniz como Da Vinci y Durero, entre otros, es muestra de una universalidad que hace difícil su clasificación, aunque Leibniz se inclina al cabo por la esencia racional de todos los fenómenos. Entre todas las manifestaciones de la creación humana existe al cabo un fundamento común dado por el principio de la actividad de la conciencia, que no es otra cosa que una mónada, según hemos visto ya.

El cuerpo humano, dada su correspondencia con el espíritu, merece también la atención de Leibniz. ¿Es, como afirman los cartesianos, un simple mecanismo animado? Para refutar este criterio, Leibniz se apoya en la tesis espinocista según la cual alma y cuerpo resultan expresiones de dos atributos de la sustancia. Si bien rechaza el monismo materialista, la idea del cuerpo como manifestación de la sustancia capaz de producir lo material y lo espiritual, sí es aceptada y asimilada por Leibniz en su pluralismo idealista: el cuerpo es materia, pero esta materia no es pasiva ni se reduce a la extensión. Está internamente organizada de manera sistémica, programada a partir de las entelequias o mónadas que constituyen su esencia. Por esto el cuerpo es vida, y descubrimos entonces que no se reduce a la mera extensión, que significaría que sólo mónadas desnudas lo componen. Sin embargo, deja bien sentado que está regido por leyes propias, diferentes de las del espíritu.[18] No debemos olvidar que la materia, "que participa de la naturaleza del ser otro del alma",[19] no puede, como manifestación de las mónadas inferiores, conducirse según leyes que, por suponer la autoconciencia, le resultan profundamente ajenas. ¿Hay entonces comunicación real, directa, entre alma y cuerpo? No: hay reflejo recíproco de sus rasgos, en el sentido que dicha categoría puede asumir en un sistema como el de Leibniz. Las mónadas componentes de uno y otro expresan mutuamente sus rasgos y su devenir en toda la complejidad de su organización. Sigue en esto a Spinoza, para quien la correspondencia entre el orden y conexión de las ideas y de las cosas conducía a la solución del debatido problema psicofísico. Están pues programados desde su origen para actuar en concordancia, al igual que todos los sistemas del universo. La primera hipótesis sobre la armonía preestablecida surgió, en el *Discurso de metafísica,* a propósito de la relación alma-cuerpo y fue, a lo largo de la vida de Leibniz, extendida paulatinamente a todos los ám-

[17] A.G. Schlegel, *Teoría e historia de las bellas artes*, Ed. TOR, B. Aires, 1943, p.9.

[18] "Tercera aclaración sobre la hipótesis de la armonía preestablecida", en: *Fundamentos de la naturaleza*, p. 156.

[19] V.I. Lenin, *Cuadernos filosóficos*, p. 373.

bitos de la concepción filosófica del mundo. Según esta, la noción de sustancia incluye todo cuanto le acaecerá, pero esta regularidad, cuya causa reside en la propia sustancia, no excluye las contingencias y por ende, no hay fatalismo, sino cumplimiento gradual de las leyes necesarias a través de actos libres. César pudo no haber decidido atravesar el Rubicón y a pesar de eso, por otra vía, hubiera llegado de todas formas a declararse *imperator*. El sujeto humano, síntesis de múltiples atributos que constituyen otros tantos predicados, no incluye sólo determinaciones necesarias, pues el principio de la actividad como fundamento de la psique implica libre uso de la voluntad, pero convergencia última de todos los actos en virtud de un fin prestablecido. En un momento en que las ciencias particulares trazaban, además de líneas rígidas entre los diferentes niveles de la naturaleza, el orden necesario, mecánico o geométrico del universo, la defensa del libre albedrío humano condujo a Leibniz, entre otros factores, a plantear, por extensión, la contingencia en la naturaleza, dada sobre todo por su estructuración en uno de los múltiples órdenes posibles, el mejor por obedecer a la economía de principios, o sea, al máximo de efectos a partir del mínimo de causas. El principio del psiquismo, base de la metafísica, nos permite comprender el estrecho vínculo entre la antropología filosófica y su novedosa concepción de la sustancia.

Resulta interesante que la primera formulación del concepto de sustancia tomara como base el individuo humano, y deviniera ulteriormente hacia la mónada, punto metafísico también individual. A pesar de esto, el psiquismo en la doctrina leibniziana adolece de la misma insuficiencia de toda la filosofía moderna burguesa: conforme un modelo abstracto del hombre, que si bien en este caso supera la estrechez de algunos de sus contemporáneos, escinde lo humano de lo social y enfoca desde el punto de vista innatista la actividad de la conciencia. La especificidad de la organización social en relación con la naturaleza resulta desconocida para Leibniz, quien la reduce a comunidad de hombres que viven bajo ciertas normas y leyes jurídicas y morales, en las cuales la transgresión, y el mal como su fruto, juegan también un papel fundamental en la preparación de un orden superior. La actividad humana se plasma en la creación científica, en la educación, que para Leibniz cumple un cometido de primer orden en el progreso social. Producto del desarrollo de los conocimientos, pero no como fruto del sistema de relaciones sociales, ni por factores objetivos de carácter material, sino a partir de la programación universal que regula el principio de la armonía prestablecida. Esta es la limitación fundamental de la concepción leibniziana del psiquismo y es por esto que dicho concepto cobra un valor ontológico, como única forma de actividad posible, fruto de la programación divina y no condicionado por ningún otro fenómeno o principio.

Gnoseología y psiquismo

Con la teoría del conocimiento de Leibniz, el racionalismo se enriquece y adquiere dimensiones nunca antes alcanzadas. No sólo porque Leibniz comprendiera, a diferencia de sus contemporáneos, la unidad del pensamiento del siglo XVII, lo unilateral de la polémica racionalismo-empirismo, y a partir de una síntesis entre ambos —aunque sobre la base del racionalismo— pretendiera resolver problemas de la filosofía y de las ciencias. Sino porque Leibniz comprendió también que una concepción más rica y compleja del hombre y de la sustancia exigía una renovación en el campo de la gnoseología, donde tenían lugar contraposiciones hasta el momento insolubles: entre razón y experiencia en la polémica empirismo-racionalismo, y en la propia corriente racionalista, entre razón e intuición, pues la exclusión de la experiencia y sus resultados de la teoría de la verdad exigía la obtención de las primeras nociones por una vía no estrictamente racional pura, en cuanto a la aplicación consecuente de la lógica hasta los fundamentos mismos del saber. Entre los empiristas,

el caso de Locke planteaba ya un problema que haría crisis en el siglo XVIII: la contradicción entre la experiencia y la realidad de sus objetos, o sea, el criticismo, que a la par de socavar los cimientos de la metafísica, cuestionaría también, a la larga y de manera más radical, la existencia de la realidad objetiva. La crítica a Locke, que motivara los *Nuevos ensayos*. . ., es también la manifestación de un profundo respeto hacia aquél que demostrara la inconsistencia de las verdades metafísicas obtenidas a despecho de la experiencia y que investigara los componentes de la misma con un grado de profundidad mayor que en los casos de Bacon, Hobbes o Gassendi. No podemos compartir criterios como el de Narski, que presenta a Leibniz, en este plano, como un cartesiano que sólo en detalles difiere del maestro,[20] puesto que dos elementos esenciales los distinguen: la existencia de información en desarrollo en la conciencia y la necesidad de asimilación de la experiencia sobre la base de la actividad del entendimiento. Leibniz se pronunció contra la teoría cartesiana según la cual el estímulo externo resulta imprescindible "para el desarrollo de algún efecto reflejo."[21] De ahí precisamente que el hombre cartesiano, condicionado por numerosas respuestas, adaptaciones a los estímulos del medio, deba, mediante la duda metódica, depurar el intelecto de impresiones sensoriales, respuestas accidentales, efectos automáticos que coartan la libertad del intelecto y supeditan el poder absoluto de la razón a elementos ajenos a la misma, correspondientes al reino de la "necesidad pura". En el caso de Leibniz, necesidad y casualidad se combinan a nivel sustancial y la libertad del espíritu humano se conjuga perfectamente con las leyes necesarias a las que está sujeto desde su creación. Todo depende del nivel al cual se realice este análisis; lo que parece antagónico en el nivel fenoménico, encuentra una solución armónica en el campo de la metafísica. La materia no piensa, afirma decididamente Leibniz como idealista, pero no piensa *per se,* puesto que si ningún ser inmaterial es concebible en el mundo de lo creado,[22] la esencia de la materia contiene, como hemos visto, el principio psíquico cuyas formas inferiores de manifestación son, en buena medida, automáticas (de ahí la confusión cartesiana, según Leibniz) y, al asumir la forma de espíritu, posee la libertad garantizada por la facultad de conocer.

Leibniz distingue las ideas innatas de aquellos conceptos unánimente aceptados. La identificación tradicional entre ambos había sido el punto de partida de la refutación de Locke. Estos últimos pueden ser resultado de la educación, cuyo papel decisivo en la formación (o deformación) del hombre reconoce, elemento que influye poderosamente en que se le juzgue como ilustrado por muchos autores como Cassirer, por ejemplo. La psique puede ser cultivada de manera tal que, o bien desarrolle sus propiedades racionales innatas, y a través del método adecuado arribe al conocimiento universal y necesario, o contravenga las mismas adoptando una u otra posición errónea o arbitraria. Para Leibniz las ideas innatas existen, al igual que para Descartes, como verdades eternas inconscientes, pero que, a diferencia de lo inconsciente en las formas psíquicas inferiores, poseen un carácter metafísico. Sin embargo, su esclarecimiento no concierne para Leibniz exclusivamente a la razón pura desligada de la experiencia, sino que, por el contrario, la sensoriedad resulta un paso obligatorio en la elucidación de las mismas. El conocimiento absoluto no es posible para el hombre, sino sólo para la divinidad, mónada de las mónadas, pues significa contemplación, no sólo de lo existente, sino también de lo posible en relación con toda sustancia individual. Una autoconciencia plena podría, en última instancia, conducir al hombre a la activación de todo el reflejo del universo contenido en su conciencia en relación con su propio acaecer, pero no con el acaecer de otras sustancias individuales. En el caso del hombre, su carácter corpóreo exige la contribución de la experiencia sensible o de alguno de sus resultados para la formulación precisa de las verdades metafísicas. Leibniz acepta la unidad entre pensamiento y lenguaje, bien estudiada por los empiristas Hobbes y Locke a pesar de su unilateralidad. Para él es similar a la correlación aristotélica materia-forma. Pero el lenguaje es adquirido mediante el aprendizaje; el pensamiento es también adquirido en lo referente al mundo fenoménico, pero en sus más altos grados de abstracción es innato. "No tenemos ningún pensamiento abstracto que no se apoye en algo sensible, aunque sea en signos sensibles, como letras y sonidos."[23] ¿Por qué? Porque a diferencia de Descartes, para el cual las verdades metafísicas, racionales por excelencia, sólo tienen sentido para la conciencia humana, como normas del saber y del obrar, para Leibniz, quien rechaza el

[20] I.S. Narskíj, *Gottfried Wilhelm Leibniz. Grundzüge seiner Philosophie*, Akademie-Verlag, Berlín, 1977, S. 100 (" .*Somit ist der Unterschied zwischen Leibniz und Descartes kleiner als er Leibniz selbst scheinen mochte*") ("Por eso la diferencia entre Leibniz y Descartes es menor de lo que el propio Leibniz quiso mostrar"). Traducción de la autora L.R.L.

[21] P.K. Anojin, "Características del aparato aferente del reflejo condicionado y su importancia para la sicología", en: *Psicología soviética contemporánea*, Serie Ciencia y Técnica, Instituto del libro, La Habana, 1967, p. 80.

[22] G.W. Leibniz, *Nuevos ensayos*. ., p. 28.

[23] *Op. cit.*, p. 38.

dualismo materia-espíritu, rechaza también la diferenciación absoluta entre las leyes y propiedades referentes a una y otro. Existe una integración entre todos los elementos del mundo, si bien se da a través de la armonía prestablecida. Las leyes lógico-metodológicas que estructuran su sistema son universales, de la misma forma que lo racional contiene forzosamente aspectos de lo sensorial, o según vimos, al menos su envoltura. Como racionalista, afirma la incapacidad de la experiencia para demostrar u obtener verdades matemáticas y metafísicas; pero si la actividad sensorial forma parte de la actividad de la psique, como principio unificador, ¿no equivale esto a enunciar, de manera imperfecta aún, algo tan real como lo imprescindible de la demostración teórica para aceptar como válido el pensamiento abstracto y sus frutos? Sabemos que en estos casos los hechos corroboran o niegan, pero no demuestran la teoría. De ahí parte la necesidad de diferenciar, según Leibniz, dos tipos de verdades, correspondientes a distintos órdenes: verdades de razón y verdades de hecho. Aunque en las últimas el aspecto activo del intelecto se revela, pues este no es *tabula rasa* y la percepción implica ordenamiento de las sensaciones, predomina el aspecto pasivo, pues son básicamente, *recepción* de datos sobre el mundo exterior y por tanto, condicionadas.[24] En las primeras, está de alguna forma presente el momento sensible, pero son independientes en su significado y estructura, lo cual se confirma en su expresión para el pensar por medio de proposiciones idénticas. A pesar de su idealismo y su innatismo, Leibniz supo comprender que el hombre no se reduce a un alma encerrada en un cuerpo como en una especie de cárcel, sino que asimiló de Spinoza y de los empiristas algo más: la necesidad de una interacción armónica entre el cuerpo y el espíritu para lograr, no sólo el conocimiento, sino también la virtud, o sea, la moral basada en la verdadera sabiduría, en la metafísica y no en las costumbres. El cuerpo no fue interpretado por Leibniz como fuente de perturbaciones irresistibles, ni las costumbres como cadenas que atan de manera irremisible. El instinto y los hábitos pueden ser regulados por algo mucho más poderoso, si sabe emplearse adecuadamente: la razón, facultad distintiva del psiquismo humano que, siendo la forma superior del reflejo psíquico innato en la naturaleza toda, supone la posibilidad de cambiar, mediante su actividad, el curso de la compleja estructura que es la conciencia, condicionante último de la conducta, si bien dicha concepción se establece sobre la base de un sujeto abstracto, individual, genérico.

El progreso de la ciencia, en la medida en que es resultado y premisa de la creciente complejidad de las funciones psíquicas, al exigir constantemente formas superiores de organización y autorregulación de estas, puede también mejorar al hombre moralmente. Y esta filosofía progresista, pese a sus limitaciones idealistas y sus lastres epocales, realizó aportes de considerable seriedad a la historia de la psicología, al tratar de manera novedosa las funciones de la conciencia, la relación necesaria entre vida y psiquismo a través del desarrollo, y el concepto de actividad, bien que innata, programada, puramente espiritual, como base de todos los fenómenos relacionados con la psiquis y, por supuesto, con la conducta humana.

Conclusiones

Podemos resumir las tesis abordadas a lo largo del presente trabajo como sigue:

1) El origen burgués de Leibniz y su filiación ideológica a los intereses de dicha clase, la más revolucionaria de su época, condicionan en última instancia su interés por el estudio del poder ilimitado de la razón humana y su carácter activo.

2) La revolución científica, cuya fuerte base experimental destacamos, sirvió de base para la aceptación por parte de Leibniz de la experiencia como fuente de verdad, además de los aportes del empirismo al respecto.

3) Los conceptos de vida y mecanismo, polémicos para las ciencias y la filosofía del siglo XVII, determinaron desde el punto de vista teórico la ruptura de Leibniz con el mecanicismo extremo y la teoría cartesiana del reflejo.

4) Lo psíquico se convierte para Leibniz en propiedad universal de la naturaleza, en calidad de esencia ideal. El reflejo se interpreta de manera innatista, a partir de la programación de cada sustancia por el creador universal.

5) La relación vida-siquismo es indisoluble, con lo cual superpone dos conceptos de diverso orden a tra-

[24] *Ibid.*, p. 40.

vés de un vitalismo o pansiquismo universal.

6) Lo psíquico en el hombre se presenta como sistema de relaciones, conscientes e inconscientes, de carácter racional, pasional, volitivo e instintivo, regulables mediante el mecanismo razón-voluntad, condicionado por el conocimiento, ya sea transmitido a través de la educación, ya sea adquirido por el sujeto mediante el uso del método racionalista.

7) La libertad se presenta como elección independiente de todo condicionante ajeno a la necesidad objetiva, dada por las leyes que programan las sustancias, accesibles racionalmente. Asimila así, de manera idealista, las enseñanzas de Spinoza.

8) A pesar del predominio de las verdades de razón sobre las verdades de hecho se intenta, por primera vez en un sistema racionalista, integrar ambos elementos en cada "nivel" del conocimiento.

9) El rasgo más característico del psiquismo es, para Leibniz, la actividad, que implica selectividad, generación de nuevas determinaciones y de respuestas específicas a los estímulos, a pesar de su programación, introducida por un principio externo, la divinidad, según corrobora la teoría de la armonía preestablecida. De ahí que el psiquismo se desarrolle y revierta su actividad en el progreso científico e histórico en general.

Bibliografía

Activa

1. R. Descartes, *Obras escogidas*, Ed. de Ciencias Sociales, La Habana, 1971.
2. B. Spinoza, *Etica*, FCE, México, 1958.
3. B. Spinoza, *Tratado de la reforma del entendimiento*, en: *Antología del racionalismo moderno*, Ed. Universitaria "André Voisin", La Habana, 1977.
4. J. Locke, *Ensayo sobre el entendimiento humano*, FCE, México, 1956.
5. G.W. Leibniz, *Fundamentos de la naturaleza*, Ed. TOR, B. Aires, 1940.
6. Leibniz, *Discurso de metafísica*, Revista de Occidente, Madrid, 1942.
7. Leibniz, *Teodicea*, Ed. Claridad, B. Aires, 1946.
8. Leibniz, *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, M. Aguilar, Editor, Madrid, 1928.
9. Leibniz, *Correspondencia filosófica*, en: *Obras de Leibniz*, t. IV, Casa Editorial de Medina, s/f.
10. Leibniz, *Sämtliche Schriften und Briefe. Zweiter Reihe: Philosophischer Briefwechsel*, Erster Band, Akademie-Verlag, Berlín, 1972.

Pasiva

Clásicos del marxismo-leninismo

1. C. Marx, *El capital*, Ed. de Ciencias Sociales, La Habana, 1973, 3. t.
2. F.C. Marx, y Engels, *Obras escogidas*. 3 vol. Ed. Pol. La Habana, 1965.
3. F.C. Marx, y Engels, *La ideología alemana*. Ed. Revolucionaria. La Habana, 1966.
4. F.C. Marx, y Engels, *La sagrada familia*. Ed. Pol. La Habana, 1965.
5. F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*. Ed. Pol. La Habana, 1979.
6. V.I. Lenin, *Cuadernos filosóficos*. Ed. Pol. La Habana, 1964.

General

1. .Colectivo de autores: *Psicología soviética contemporánea*. Serie Ciencia y Técnica, Instituto del Libro, La Habana, 1967.
2. Colectivo de autores: *Istorico-filosofskie issledovaniia. Problema cheloveka v domarksistskoi filosofii*, Uralskii gosudarstvennii universitet, 1978.
3. W. Seidel, *Gottfried Wilhelm Leibniz*, Urania-Verlag, Leipzig, 1979.
4. I.B. Pogrebisskii, *Gotfrid Vilgelm Leibnits*. Isdatelstvo "Nauka", Moskba, 1971.
5. I.S. Narskij, *Gottfried Wilhelm Leibniz. Grundzüge seiner philosophie*. Akademie-Verlag. Berlín, 1977.
6. A. Simonovits, *Dialektisches Denken in der Philosophie von Gottfried Wilhelm Leibniz*. Akademiai-Kiadó, Budapest, Akademie-Verlag, Berlín, 1968.
7. T. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México, 1971.
8. A.G. Schlegel, *Teoría e historia de las bellas artes*, Ed. TOR B. Aires, 1943.
9. C. Gebhardt, *Spinoza*, Ed. Losada, S.A. B. Aires, 1940.
10. E.V. Ilcenkov, *Lógica dialéctica. Ensayos de historia y teoría*, Ed. Progreso, Moscú, 1977.
11. Hugh Kearney, *Orígenes de la ciencia moderna, 1500-1700*. Eds. Guadarrama, S.A. Madrid, 1970.
12. W. Windelband, *Historia de la filosofía moderna*, 2 vols, Ed. Nova, B. Aires, 1951.
13. E. Cassirer, *El problema del conocimiento*, 4 vols, FCE, México, 1956.
14. E. Cassirer, *Filosofía de la Ilustración*, FCE, México, 1972.
15. E. Guyénot, *Las ciencias de la vida en los siglos XVII y XVIII*, UTEHA, México, 1956.
16. H. Höffding, *A history of modern philosophy*, 2 vol, Dover Publications, inc. New York, 1955.
17. J.G.F. Hegel, *Lecciones sobre historia de la filosofía*. 3 vol. FCE, México, 1955.
18. W.J. Schelling, *Zur Geschichte der neueren Philosophie*, Verlag Philipp Reclam jun, Leipzig, 1975.
19. A.N. Leontiev, *Problemas del desarrollo del siquismo*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1974.
20. I.S. Schklovski, *Universo, vida, intelecto*, Ed. Mir, Moscú, 1977.
21. E.A. Burtt, *The metaphysical foundations of modern physical science*, Harcourt, Brace & Company, inc. New York, 1925.
22. B. Ukráintsev, "La cibernética y la teoría leninista del reflejo", en: Lucha filosófica de las ideas en las ciencias naturales. *Problemas del mundo contemporáneo (43), Academia de Ciencias de la URSS, Redacción "Ciencias Sociales Contemporáneas", Moscú, 1978.*
23. *V.V. Sokolov, Filosofiia spinozi i souremennost*, Izdatelstvo "MGU", Moscva, 1964.

Enfoques en la enseñanza de la biología

Cosme Ornelas

Como parte de las actividades de apertura de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Puebla, se organizó la mesa redonda "Enfoques de la enseñanza de la biología a nivel profesional", con la participación de los maestros en Ciencias Raymundo Hernández Martínez, de la Carrera de Biología de la Escuela de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México; Sergio González Moreno, de la carrera de Biología en la Escuela Nacional de Educación Profesional, UNAM, e Ismael Ledesma Mateos, coordinador de la naciente escuela poblana.

El contenido de las tres ponencias centró su atención en los nuevos enfoques con los cuales, en las escuelas antes mencionadas, se está renovando la enseñanza-aprendizaje de esta disciplina.

Orientación regional: Tabasco y Estado de México

El maestro Hernández Martínez, fundador y coautor de los programas de biología en las universidades Juárez Autónoma de Tabasco y Autónoma del Estado de México, explicó de manera suscinta las características de planificación de una carrera naciente.

En primer término, compartió con los asistentes su experiencia en Tabasco. Se refirió al trabajo previo al lanzamiento de "una nueva carrera". Detalló algunos de los pasos y peculiaridades que, pese a tratarse de la misma carrera y profesión, deben tomarse en cuenta según la región y las características de la entidad. Para la apertura de la escuela de biología en Tabasco se realizaron estudios de la situación geográfica, recursos naturales y mercado de trabajo (oferta y demanda de biólogos). Se profundizó en la problemática estatal y regional de educación, agricultura, actividad forestal y pesquera. Además, se elaboró el perfil del egresado y la demanda potencial de alumnos preparatorianos que ingresarían a la nueva carrera, aplicando encuestas.

En ambos casos (Tabasco y la UAEM) se analizó la dinámica del profesorado: población calculada, índice de reprobación y deserción en escuelas afines, a partir de lo cual se consideró, para Tabasco, una inscripción anual de 80 alumnos, lo cual permitiría una buena calidad académica, al mantener el proceso de enseñanza-aprendizaje en pequeños grupos favoreciendo una mayor relación profesor alumno y la interacción profesor-investigador... Con todo ello, se buscaba convertir al estudiante en eso: estudiante, y no una cifra más de la universidad masificada.

Para la realización de un nuevo plan de estudios acorde con las necesidades de la entidad, se realizaron análisis de planes de escuelas de otras entidades e instituciones. Se llegó a la conclusión, mediante un cuadro comparativo de porcentajes en materias afines, que entre el 75 y 100% de materias se repetían en todos los programas, pues se trataba de materias básicas para la formación de un biólogo general.

En este sentido —manifestó el maestro Hernández Martínez— se realizó una crítica a la homogenización de los planes de biología; proyectos y programas que no toman en cuenta las características propicias del lugar en que se estudia ni las posibilidades de práctica profesional. Por esto, para la escuela de biología, puesta en marcha en 1982, se elaboró un modelo con las siguientes características:

- Siete semestres con materias homogéneas para la formación de un biólogo general.
- Dos semestres finales con "tres orientaciones optativas".

Las orientaciones optativas (contaminación, hidrobiología y recursos naturales —botánica—) no fueron propuestas al azar, sino considerando la problemática y la situación del estado. Es decir, recalca el maestro Hernández, se trató de no copiar programas de otros lugares y escuelas, sino complementar la formación general (para el mercado competitivo) con especializaciones que dieran una ventaja al egresado tabasqueño: conocer la región donde, principalmente, tendrá mayores perspectivas de desarrollo profesional.

Otra característica que vale la pena destacar es la fusión de la investigación y la docencia en el plan de la escuela de biología en la UJAT: en 1979, tres años antes de abrir la licenciatura, se formó el Instituto de Biología con investigadores de tiempo completo y exclusivo; este equipo pudo echar a andar la licenciatura con dos ventajas para el estudiante: reconocer en su planta de profesores a verdaderos investigadores, y la posibilidad de que los mejores y más avanzados alumnos fuesen invitados a participar en proyectos de investigación que llevan a cabo los profesores en el instituto.

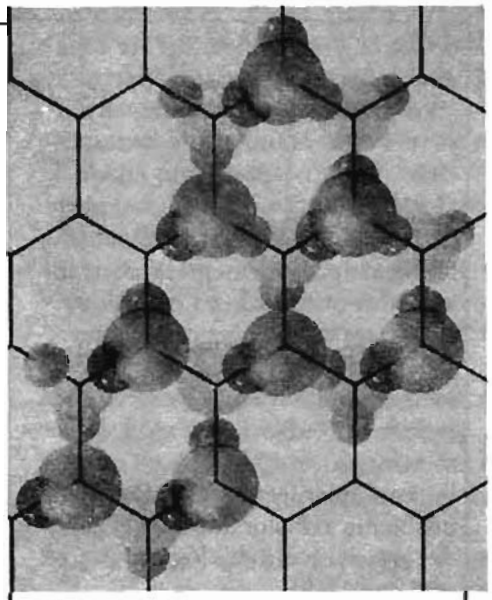
La experiencia de la UAEM fue parecida a la de Tabasco. Para el plan curricular de la carrera (dentro de la escuela de ciencias) se tomaron los mismos pasos que en Tabasco: estudios de la problemática regional, dinámica poblacional y estudiantil, mercado de trabajo, etcétera. Sólo que en este caso, no se pudo integrar la docencia con la investigación, ya que la UAEM mantiene un Centro de Investigación en Ciencias Básicas, independiente de la escuela. Sin embargo, afirma el biólogo, se siguieron parecidas estrategias:

- Selección rigurosa del alumnado: 50 alumnos por año.
- Selección del profesorado con grado mínimo de maestría y, para el Centro de Investigación, el requisito de doctorado.
- Promoción de la idea de que la mayoría de los profesores fuesen de tiempo completo; requisito justificado "no por las horas de clase" (uno o dos grupos pequeños) sino, además, por el tiempo que deben dedicar a la elaboración de material didáctico, audiovisual, artículos y ponencias, etcétera.

Descentralizar la universidad nacional

En su participación en la mesa redonda, el M. en C. Sergio González Moreno habló de la experiencia de la carrera de biología en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP), planteles que surgen con la idea de descentralizar la enseñanza de Ciudad Universitaria; aportando planes de estudio y formas alternativas de educación.

En el caso de biología en la ENEP Iztacala (ubicada en el Estado de México), se logró proponer un plan de estudios *modular*, que trabaja paralelamente al plan



de estudios tradicional desde hace 12 años.

Destacó que para la realización de dicho proyecto se valoraron otros planes de estudio, contenidos, mercado de trabajo y se configuró un perfil del biólogo según las necesidades actuales del país. Todo ello trajo como resultado un plan diferente al utilizado en la Facultad de Ciencias (UNAM), basado éste último en disciplinas como física, matemáticas, química, etcétera, tomadas como materias básicas que homogenizan la formación del futuro biólogo, en una secuencia aparentemente lógica, a partir de parcelas y no de la integración del conocimiento.

Para el caso de un nuevo enfoque en la enseñanza de la biología, se optó no por la enseñanza a partir de disciplinas (que al fin de cuentas es una división artificial, arbitraria) sino a partir de módulos que conjuntaran, progresivamente, desde la mínima organización molecular hasta niveles superiores de organización (poblaciones y comunidades, es decir,

ecología y evolución de las especies) partiendo de una premisa: "los principios se aprenden a partir del enfrentamiento y la resolución de un problema dado". Cuestión que, en la mayor parte de los planes, se aborda al contrario: partir de principios abstractos y reafirmarlos, experimentarlos, en problemas posteriores.

Para llevar a la práctica esta idea, se contempló que en cada semestre se cursara un módulo de *metodología científica*, en el que se buscará plantear y solucionar un problema relacionado con el nivel de organización biológica que se esté cursando.

A nivel de contenido, se planteó una diferencia de concepción: si en los planes de estudio tradicionales había una carga mayor en la morfología, la teoría, la observación, y la parcelación del conocimiento por disciplinas, el nuevo plan contemplaría acentuar características opuestas (sin desaparecer las anteriores): mayor peso en la observación del funcionamiento de seres vivos; acentuar la práctica complementaria a la teoría; complementar la observación con mayor cantidad de experimentación e integrar conocimientos y evitar el aprendizaje parcelado: "la biología contendría los problemas de la biología misma".

Finalmente, el maestro Rodríguez Moreno explicó que por la tendencia general a la especialización y "para evitar aquéllo de *aprendiz de todo y oficial de nada*", luego de cinco semestres de estudio de los patrones generales aplicados a seres vivos, se pensó en tres semestres para la formación encaminada al campo de trabajo, mediante la participación del estudiante en un proyecto de investigación (de la propia ENEP u otra institución). Trabajo que además de capacitar al estudiante en la práctica misma de la biología, serviría como base de su tesis profesional. Y remarca Rodríguez Moreno: "Sabemos que el plan funciona en la actualidad. Está funcionando para los estudiantes en el mercado de trabajo."

Nueva escuela en la UAP

En su participación, el maestro Ismael Ledesma Mateos se refirió a las características de la Escuela de Biología de la UAP, que inició sus actividades en el mes de septiembre de 1987.

En un primer momento, realizó una breve crítica de la enseñanza tradicional de la biología en México (cuyos primeros planes datan del año 1911 en la Escuela Nacional de Altos Estudios), para centrar, posteriormente, su plática en las características de "una carrera que prepare biólogos en forma integrada", que respondan a las necesidades de desarrollo científico y tecnológico del país.

Con planteamientos similares a los vertidos por Hernández Martínez y González Moreno, recordó los puntos del *Proyecto de creación de la escuela de biología en la UAP* (del que *Elementos* dará muestras); documento que aborda desde la necesidad de la escuela misma, el mapa curricular y las líneas generales del plan de estudios, hasta el "perfil profesional" del biólogo, la organización del trabajo académico y la planta de profesores.

Enfatizó la diferencia radical entre la estructura de los cursos de la nueva escuela y otros planes de estudio, pues "nosotros queremos profundizar en la integración comparativa y en el aprendizaje por medio de la práctica y la reflexión", lo que propicia que los conocimientos se adquieran a través de la observación directa de los fenómenos. Los contenidos de cada programa, afirmó, están pensados para que el estudiante avance en la comprensión-manipulación de fenómenos biológicos de acuerdo a la "noción de emergencia de niveles de complejidad".

En lo referente a las características del alumnado y la planta de profesores, se intentará mantener un alto nivel en el proceso de enseñanza a partir de dos puntos fundamentales: 1) que el ingreso anual no rebase los 200 alumnos quienes trabajarán en dos grupos de 100 divididos en secciones de 50 alumnos para el desarrollo de los aspectos práctico-experimentales, y 2) que la planta académica esté constituida por profesores con estudios de posgrado, con plazas de tiempo completo y que destinen el 50% de su jornada de trabajo a la investigación.

Finalmente, resaltó la necesidad de capacitar a los profesores en las particularidades del plan de estudios y su enfoque, ya que "existen experiencias lamentables con planes de estudio alternativos que se estancan o fracasan por la inclusión de docentes que se limitan a reproducir los modelos de enseñanza tradicional".

Ganadores del premio Newton

Con el trabajo *El más cercano a Dios*, J. Rafael Martínez, del Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la UNAM, obtuvo el primer lugar en el Concurso Nacional Newton, convocado por la Sociedad Mexicana de Física, (SMF) el Planetario de Puebla y las revistas *Ciencia y desarrollo* y *Elementos* de la Universidad Autónoma de Puebla.

El jurado, integrado por destacados científicos como Octavio Obregón, Sergio Hogman, Luis Rivera Terrazas y Jorge Brash, decidió otorgar el 2o. lugar a José Luis Olivares Vázquez por su ensayo *La presencia de Newton en la época actual;* el 3o. a Narciso Bassols Batalla por *La obra de Newton y sus repercusiones en el mundo actual*, y el 4o. a Salvador Cruz por el trabajo *Newton en México, un seguimiento cronológico del siglo XVIII a Alfonso Reyes*, además de ocho menciones de entre un total de 28 trabajos recibidos, ocho de ellos enviados desde la ciudad de Puebla.

El acto de premiación se llevará a cabo el 26 de octubre de 1987, durante el Congreso Nacional de la SMF en la ciudad de Mérida.

El premio único es de 750 mil pesos y los trabajos triunfadores serán publicados en las revistas convocantes.

En este número de *Elementos*, ofrecemos a los lectores el trabajo triunfador (ver sección "Los pasos del saber").

Coordinación y el Consejo Académico del ICUAP

El primero de octubre de 1987 la Coordinación General y el Consejo Académico del Instituto de Ciencias de la UAP presentaron el informe correspondiente al periodo comprendido entre febrero de 1986 y septiembre de 1987, documento presentado por el maestro José de Jesús Pérez Romero en su carácter de coordinador de dicho instituto.

Además de destacar el trabajo realizado en este periodo, de mencionar los eventos más sobresalientes y las distinciones recibidas por investigadores en lo individual o en grupos de trabajo, dicho informe puso especial énfasis en la crítica situación financiera que tuvo que enfrentar el instituto, lo que provocó que el Consejo Académico ocupase "la principal atención" a ese aspecto, ocasionando "varios problemas laterales".

Insuficiencia y retraso en la entrega del presupuesto, indefinición del número de plazas que "ejercerá el Instituto el presente año" y búsqueda de financiamientos externos a la universidad, fueron algunos de los puntos tratados en el tercer informe de actividades del ICUAP.

En este último punto, se mencionaron convenios con diversas instituciones como la ANUIES, PEMEX, CECYT, CONACYT, SPP y Delegación Miguel Hidalgo, para el desarrollo de actividades como:

- Concurso regional de la Olimpiada Matemática.
- Realización de una planta de biofertilizante.
- Proyecto de estimulador peroneal.
- Conversión de minerales naturales a zeolitas, entre otros.

Dentro de las actividades realizadas por los diversos departamentos del ICUAP, se mencionaron, entre otras:

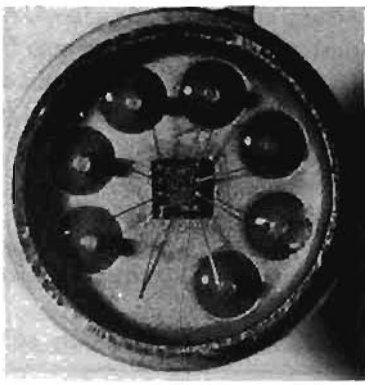
- I Congreso Nacional de Zeo itas (octubre de 1986).
- Participación de la UAP-Química en el XXII Congreso Nacional de Química pura y aplicada y VII Congreso de Educación Química (sept. 30, oct. 1 y 2 de 1987).
- XVII Congreso Nacional de Microbiología (abril de 1986).
- Foro sobre vivienda "El año internacional de los sintecho" (oct. 5 de 1987).
- Jornadas de discusión sobre

mercado, comercio y burguesía en América Latina (septiembre de 1987).

•II Concurso regic prototi-pos didácticos y de gación "Autoequipamiento nvoca-do en enero de 1987 Coor-dinación General).

Entre las distincio rgadas a miembros o equi; rabajo del ICUAP se menc i los si-guientes: premio de "Fran-cisco de P. Tenorio gado al doctor Elías López (l maes-tro en ciencias Baldomero Gómez Reyes; premio de tecnología "Es-teban de Antuñano" otorgado a los maestros en ciencias Arturo Reyes Lazalde y Jesús Carrillo López; premio estatal de tesis de licencia-tura en el área de recursos natura-les y agropecuarios, otorgado al maestro en ciencias Candelario Vázquez Cruz.

Además, dos primeros lugares, un segundo y un tercero en el II Concurso regional de prototipos di-dácticos y de investigación, y dos primeros lugares al Departamento de Semiconductores en el XXX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas por los desarrollos de Electroesti-mulador peroneal y Bomba infuso-ra de soluciones (Ver *Inforciencia* núm. 7).



Centro Internacional de Física y Matemáticas Aplicadas

Un grupo de dieciséis científicos e investigadores con la participación de la Academia de la Investiga-ción Científica, A.C., decidieron formar el Centro Internacional de Física y Matemáticas Aplicadas (CIFMA).

Los objetivos del CIFMA son:

- Identificar áreas de la física y las matemáticas que son impor-tantes o promisorias para un desarrollo sólido, armónico y actualizado de la ciencia y la tecnología de nuestro país.
- Realizar y promover investiga-ciones, fomentar su síntesis y difusión, y contribuir al entre-namiento de cuadros de espe-cialistas de alta calidad, capaces de aplicar el conocimiento cien-tífico en forma efectiva.
- Llevar a cabo estas actividades como centro internacional, en colaboración con científicos que trabajan en áreas afines, de países del norte y del sur.

Las actividades del CIFMA tendrán el formato de talleres y co-loquios internacionales, escuelas de verano e invierno, visitas de científicos prominentes, estancias sabáticas y lugar de reunión para investigadores, nacionales y extranjeros, en todas las etapas de su carrera.

El CIFMA no tendrá personal académico propio. Los investiga-dores que participen en sus programas de trabajo podrán usar las facilidades administrativas y fuentes económicas para la labor de investigación y difusión, en contacto con colegas del exterior y estudiantes graduados. Las activi-dades del centro podrán tener lu-gar en las instituciones de sus miembros en la República Mexi-cana o, como por muchos motivos es deseable, en las instalaciones académicas y vacacionales del es-tado de Morelos. Oaxtepec, Coco-yoc, Tepoztlán y Cuernavaca ya han sido sede de varios congresos y talleres internacionales. Confor-me crezca y se estabilice el flujo de investigadores se podrá pensar en la conveniencia de tener instala-ciones propias. A mediano plazo, las excelentes facilidades que exis-ten en el Polo de Desarrollo UNAM-UAEM en Cuernavaca son muy adecuadas.

Los antecedentes directos del CIFMA como centro internacional son dos, uno en Europa y otro en México:

- Desde 1961 opera en Trieste, Italia, el Centro Internacional de Física Teórica (ICTP), diri-gido por el Profesor Abdus Sa-lam (premio Nobel). Sus fondos provienen del Organismo In-ternacional de Energía Atómica (IAEA), de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cul-tura (UNESCO) y del gobierno de Italia. Este centro posee una sólida reputación académica y ha sido foco de atracción de científicos europeos, norteame-ricanos, del Este y de países en desarrollo. Actualmente, sus áreas de investigación incluyen física de altas energías, física de

reactores, fibras ópticas, sistemas caóticos, materia condensada, semiconductores, membranas. Incluyen también las bases matemáticas del estudio del clima, de los sistemas ecológicos y los geofísicos. Indudablemente, contribuye a la atracción de los visitantes el que el ICTP esté localizado en terrenos particularmente bellos aledaños al castillo de Miramar, sobre la costa adriática.

- El proyecto Centro Internacional de Física y Matemáticas Orientadas fue promovido por la Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica, Secretaría de Educación Pública, desde 1980. En el marco de este proyecto se organizaron escuelas, talleres y congresos internacionales en los siguientes campos: silicio amorfo y sus aplicaciones en celdas solares, procesamiento de información óptica, fenómenos no-lineales, métodos matemáticos de la óptica, estimación y control de sistemas estocásticos, física de plasmas, física nuclear estadística, caos cuántico y sistemas dinámicos. Seis de estos talleres y congresos tuvieron lugar en el estado de Morelos, dos en el Distrito Federal y uno en León, Guanajuato. De los volúmenes de memorias, tres fueron publicados por la revista mexicana *Kinam* y tres por la editorial Springer Verlag, de Heidelberg, Alemania. Los fondos fueron aportados por la SEP y por varias instituciones y fondos filantrópicos, nacionales y extranjeros.

Sabemos de la disposición de personas, empresas y organismos nacionales e internacionales, de donar fondos para el crecimiento de centros de excelencia en países en desarrollo como el nuestro. El CIFMA se propone apelar a estos probables donadores para llevar a cabo las actividades propias de su objeto. Estos pueden ser fondos generales, cátedras o recursos específicos a un programa o área de desarrollo.

Para garantizar el nivel y la relevancia de estas actividades pondremos lo mejor que tenemos, contando con el apoyo de la comunidad académica nacional e internacional. A este respecto, tenemos el gusto en comunicar que el Profesor Abdus Salamn aceptó nuestra invitación de ingresar como miembro asociado. Por estatuto, el CIFMA podrá contar, a lo más, con cincuenta miembros, la mitad radicada en México y la mitad en el exterior.

En base al funcionamiento del Centro Internacional en Trieste, podemos prever que el CIFMA tendrá un impacto muy positivo en la calidad de la ciencia en el país y será un importante foro para el encuentro entre investigadores de países desarrollados y en desarrollo, particularmente de América Latina.

Mesa directiva del CIFMA

Presidente
Dr. Marcos Moshinsky
Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

Vicepresidentes
Dr. Raymundo Bautista Ramos
Instituto de Matemáticas, Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Jorge Flores Valdés
Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México

Director
Dr. Kurt Bernado Wolf
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, Universidad Nacional Autónoma de México-Cuernavaca

En este número de *Elementos* iniciamos el *acuse de recibo* y la reseña breve de revistas, boletines y otro tipo de publicaciones de divulgación de la ciencia, difusión cultural y extensión universitaria.

En fechas recientes recibimos:

Quipu: revista latinoamericana de historia de las ciencias y la tecnología, que en sus números 2 y 3 (de mayo a diciembre de 1986) ofrece materiales como "Las historias de la ciencia", de Thomas S. Kuhn, "La mujer y el conocimiento científico a través de la historia", de Walewska Lemoine, "La primera cátedra de física experimental en la Universidad de Buenos Aires", de Máximo Barón, y "La localización de la capital de Nueva España como problema científico y tecnológico", de José Sala Catalá. La revista cuenta, además, con secciones de Testimonios, Documentos y Reseñas. Para mayor información, intercambio y suscripciones, dirigirse a: Apartado Postal 21-873, México 04000, D.F.

Vasos comunicantes: órgano informativo de la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas, SEP. Se trata de un boletín de 32 páginas, que en su número 5/1987, ofrece notas sobre el estado actual de la educación tecnológica en el país. El material de este *número especial* reproduce las ponencias de la Reunión de Evaluación del Sistema Nacional de Educación Tecnológica, presidida por el licenciado Miguel de la Madrid. Pese a tratarse de intervenciones oficiales, discursos en los que no es pensable la autocrítica, el conjunto arroja una cantidad de datos, cifras y características de la educación técnica en el presente sexenio. La dirección de la subsecretaría es: Conjunto Pino Suárez, Edificio "F", 4o. piso, México 06090, D.F.

Cápsulas: editadas por la Dirección de Comunicación Social del Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET), estas cápsulas de información científica se conforman con 12 brevísimos carteles (o postales) con información que va del origen del universo al átomo en el siglo XX, pasando por temas como la conservación del medio ambiente, las computadoras en la educación o la aritmética creativa. Una característica de estas Cápsulas es su diseño atractivo y la seriedad y concisión del contenido. COSNET: Plaza de la República 53-601, Col. Revolución, México 06030, D.F.

Crítica jurídica: revista latinoamericana de política, filosofía y derecho. Editada por el Centro de Investigación y Docencia en Ciencias Políticas de la UAP, esta publicación cubre un espacio virgen en el análisis de la red de relaciones entre el Estado y la sociedad. En el número 7 ofrece, entre otros materiales: "Sobre la comprensión del derecho", de Carlos Cárcova; "Nuevas dimensiones de la crítica jurídica y la práctica alternativa del derecho", de Víctor Manuel Uribe y "Sobre la 'extinción' del Estado", de Riccardo Guastini. La edición se complementa con secciones de testimonio, notas biobliográficas y noticias. Correspondencia a: Revista *Crítica jurídica*, Maximino Avila Camacho 229, Puebla 72000, Pue.

El barco de papel: números 2, 3 y 4 de "la revista del niño" que edita el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM). Con un modesto diseño pero aprovechando algunos recursos de la divulgación como la historieta y el dibujo ilustrativo, esta revista trimestral contiene información que puede acercar a los niños a temas relacionados con la ciencia y la tecnología, como la erosión del suelo, los temblores, flora y fauna regional y el cultivo en hortalizas. Información a: Apartado Postal 139-C, Morelia, Michoacán, 58260.

Theoria: revista de teoría, historia y fundamentos de la ciencia, editada por Miguel Sánchez-Mazas con el patrocinio del gobierno Vasco-Euzco Jaurlaritza y el gobierno español. Fundada en 1952, el número 4 de su segunda época contiene, entre otros materiales: "Ontología e historia del calculus", de Víctor Gómez Pin; "Estructura y comportamiento en teoría de sistemas", de Javier Aracil; "Somos monos, pero somos menos", de José Sanmartín Esplugues. Además de secciones de notas, libros y revistas, crónica de eventos y aviso de próximas reuniones. Dirección: Plaza de Pío XII, 6o. piso, puerta 1, Apartado 1594, 20080 San Sebastián, España.