

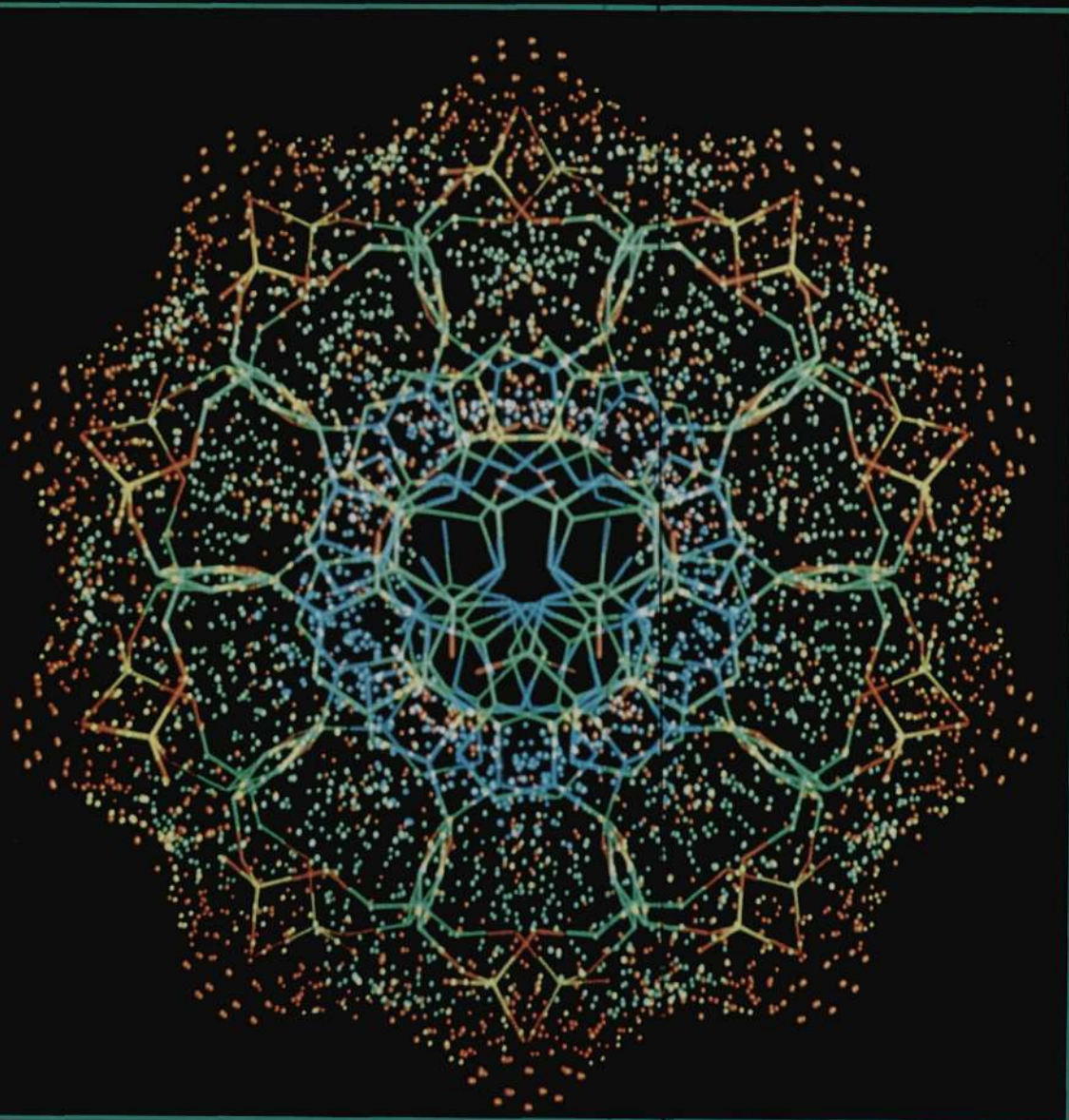
FUSIÓN

Vol. II, núm 4

NUCLEAR

Tercer trimestre
de 1985

La
revolución
de los láseres
en la medicina



La geometría de la vida

La biofísica que hace falta para vencer el cáncer

FUSIÓN NUCLEAR

Vol. II, núm. 4 ISSN 0185-0792

Tercer trimestre de 1985

Directora general:
Cecilia Soto

Directores:
Lorenzo Carrasco
Salvador Lozano

Consejo editorial internacional:
Patricio Estévez (México)
Oswaldo Koeneke (Venezuela)
Sara Madueño (Perú)
Uwe Parpart (Estados Unidos)
Henry Riascos (Colombia)
Demetrio Sodi Pallares (México)
Jonathan Tennenbaum (Alemania Federal)

Jefa de redacción:
Delia Araujo

Colaboradores:
Javier Almario
Juan José Balatti
Jorge Bazúa
Carol Cleary
Aurelio Córdova
Marsha Gallagher
John Grauerholz
Ramtanu Maitra
Ramón Murillo
Evaristo Pilo
Carlos Potes
Geraldina Ramos
Ned Rosinsky
Charles B. Stevens

Director Artístico:
Alan Yue

Fusión Nuclear es una revista trimestral producida por la Fundación Colombiana pro Energía de Fusión y la Asociación Mexicana de Energía de Fusión, con la colaboración de la Fusion Energy Foundation, y publicada por Editorial Benengeli, SA. Las opiniones expresadas en los artículos firmados no necesariamente coinciden con las de las agrupaciones que producen la revista. Éstas se expresan en la sección editorial.

Suscripciones

México: Editorial Benengeli, Francisco Díaz Covarrubias # 54-A, 2o. piso, Colonia San Rafael, México, D.F. 06500
Colombia: Fundación pro Energía de Fusión, Apartado aéreo 44047, Bogotá, DE (favor de girar cheques a nombre de Javier Almario Almario). **Perú:** Liliana Pazos, Apartado Postal 11681, Lima 11, Lima **Venezuela:** Jaime García, Apartado Postal 70534, Los Ruices, Caracas 1070 **Argentina:** Viamonte 1422 piso 1, oficina "A," 1646 Buenos Aires
Resto del mundo: Fusion Energy Foundation, P.O. Box 17149, Washington, DC. 20041-0149, USA

Tarifas de suscripción

México: 4 números, 2.000 pesos; 8 números, 4.000 pesos
Colombia: 4 números, 1.200 pesos; 8 números, 2.200 pesos
Perú: 4 números, 80.000 soles; 8 números, 150.000 soles
Venezuela: 4 números, 120 bolívares; 8 números, 200 bolívares
Argentina: 4 números, 12.000 pesos; 8 números, 20.000 pesos
Resto del mundo: 4 números, 22 dólares; 8 números, 40 dólares.

Impresión: PMR Printing Company Inc., 207 W. 25th Street, New York, NY 10001

© 1984

Editorial Benengeli, SA.

Printed in USA / Impreso en los EUA

Artículos

- 9 El holocausto biológico en Africa, aviso de catástrofe mundial
por John Grauerholz
- 17 La geometría de la vida
por Ned Rosinsky
- 32 Un asunto de vida o muerte
por Lyndon H. LaRouche Jr.
- 41 La revolución de los láseres en la medicina
por Wolfgang Lillge y John Grauerholz

Reportajes

- 5 In Memoriam: Krafft Ehrlicke, pionero del espacio
- 8 India, superpotencia agroindustrial para el siglo 21
- 14 Landsat, cómo mejorar la tierra desde el espacio

Secciones

- 2 EDITORIAL
- 3 LA CORRIENTE DE HUMBOLDT
- 4 LOS GENIOS
- 6 POR EL MUNDO
- 45 EL JOVEN CIENTIFICO
Tokamak: la energía de las estrellas a la Tierra
- 50 CRONICA IBEROAMERICANA
Brasil autoriza la venta de alimentos irradiados
El Canal Atrato-Truandó: canal del siglo 21
Cocinas de kerosene contra energía nuclear
- 54 ECONOMIA FISICA
¿Cuál recuperación? Los Estados Unidos, nación postindustrial
- 57 CIENCIA Y TECNICA
Para ir a la Luna se necesitan nuevos cohetes
Fusión nuclear para 1990
- 60 ENTREVISTA
Con el doctor Byron Lichtenberg, experto en ingeniería biomédica que tomó parte en la misión del Spacelab en noviembre-diciembre de 1984
- 63 LIBROS
Margaret Mead, la abuela genocida

NUESTRA PORTADA

El modelo del ADN generado por computadora que adorna nuestra portada, muestra la forma de un decágono que representa la superposición de dos pentágonos. Para más detalles vea la página 17. La fotografía es una cortesía de Computer Graphics Laboratory, de la Universidad de California en San Francisco.



Técnica avanzada para impedir el desastre

Ante la desolación que cunde por el continente americano al sur del río Bravo, donde el hambre y las epidemias rivalizan ya con la tragedia que asuela Africa, muchos estarían tentados de darle a la ciencia y la tecnología consideración apenas secundaria, en vista de las urgentes necesidades humanas que falta satisfacerle a tantos compatriotas iberoamericanos. ¿Acaso puede pensarse en reactores nucleares y rayos láser, cuando ni siquiera está garantizado para muchos el pan de cada día?

El hambre, efectivamente, es la nueva realidad que levanta la cabeza en el continente. Los que comen lo necesario para vivir sanamente son una minoría, la excepción que realza tanto más el predicamento de la mayoría. La malaria, que en muchas partes se daba ya por erradicada, aparece otra vez con renovado vigor, cobrando miles de víctimas al año en países como Perú, Colombia, México, Venezuela. La tuberculosis, la difteria, la tos ferina, la fiebre amarilla, todas hacen presa de poblaciones debilitadas por esfuerzos de pagar una deuda francamente impagable. Y hasta la Peste Negra, que hace siglos barrera con media Europa, amenaza estallar de nuevo, según advierten las autoridades médicas, en nuestras ciudades empobrecidas. ¿Cómo hablar de ciencia y tecnología, cuando el pueblo clama por comida, salud y empleo?

Pero es un error —de crédulos, unas veces, y otras de pérfidos agentes de la banca internacional— que pudiera matarnos. Si alguna esperanza ha habido en Iberoamérica de dar fin al hambre, a la dependencia externa y al perpetuo estancamiento económico, ha residido en los esfuerzos —y los logros— de algunos de nuestros países en ponerse a la vanguardia de los más fértiles campos de la investigación científica.

Hasta hace poco, por ejemplo, la Argentina era una de las pocas naciones del mundo que por su cuenta había adquirido dominio del 95 por ciento de las capacidades y conocimientos técnicos necesarios para echar a andar un programa de generación de energía nuclear. De la magnífica labor de sus técnicos y científicos había resultado ya un modernísimo programa de irradiación de alimentos, con dos unidades prototipo, una móvil y otra estacionaria, que prometía reducir a cero el desperdicio de abastos alimentarios por descomposición en bodega, importantísimo factor, junto con el riego, el uso de fertilizantes, y la mecanización del campo, para resolver el problema del hambre en Iberoamérica.

Pero, ¿qué ocurre? Bajo constante presión de los cobradores, de "poner en orden" los asuntos económicos argentinos, el presupuesto nuclear quedó reducido a 420 millones de dólares: 300 millones para completar la central nuclear Atucha II, y 120 millones para la central de agua pesada de Arroyito. Ni un centavo para investigación científica y técnica, para la expansión de las capacidades científicas del país. Y la Argentina, cuyo programa nuclear se perfilara hasta hace apenas unos años como el eje de una futura Iberoamérica plenamente industrializada, deviene uno más de tantos países clientes, ya incapaz de abastecerse a sí mismo en materia de bienes técnicos e industriales, mucho menos de exportarlos a sus vecinos. ¿Y de qué sirven las cantidades récord de grano que cosechará Argentina este año, si no existen los medios para evitar que se eche a perder lo poco que no hay que exportar para el pago de la deuda externa?

La situación de los científicos e ingenieros argentinos que henchirán aún más las filas de los desocupados no sólo es una tragedia personal y nacional para



La Corriente de Humboldt

ellos y Argentina, sino un signo ominoso de la sentencia de muerte que los banqueros han clavado a nuestras puertas. Porque sin este cuerpo de talento, conocimientos y experiencia para transformar nuestras condiciones físicas de existencia, ningún esfuerzo bastará para evitar que nuestras economías, desahagadas por el pago de la deuda, se conviertan en campos de muerte como las áridas llanuras africanas, que no responden ya a las necesidades de una población agonizante.

¿Qué hacer?

Para dar reversa a su desastre económico, por supuesto, las naciones iberoamericanas tienen que renegociar la deuda colectivamente para asegurar el crédito a largo plazo y bajas cuotas de interés necesario para impulsar el desarrollo agrícola e industrial. Pero al mismo tiempo deberá formarse una entidad científica y técnica que esté a la cabeza del esfuerzo de reconstrucción; un Instituto Politécnico a la altura del que crearon en Francia Gaspard Monge y Lazare Carnot en la última década del siglo 18, que rescató a Europa del oscurantismo jacobino y puso a Francia a la vanguardia de la ciencia universal.

La tarea principal del Instituto, en la que participarán civiles y militares, industrias públicas y privadas, será la planificación de grandes obras de infraestructura nacionales y multinacionales: un ferrocarril transamazónico; un nuevo canal interoceánico; centrales de energía nuclear que abaraten la producción; estaciones meteorológicas para la planificación agrícola; represas, puertos, sistemas de riego, siderúrgicas. El Instituto deberá concentrar sus esfuerzos en la máxima difusión de las técnicas más modernas a todas las economías de la región. No le serán extrañas las técnicas industriales a base de láseres, la transmisión inalámbrica de energía por medio de los mismos, las técnicas de irradiación de alimentos, ni ninguna otra derivación de la actual revolución industrial y científica que se desprende del plan de defensa estratégica en que han volcado sus recursos científicos las naciones industriales de Occidente.

Es más, la medida real de las capacidades de un instituto de este tipo será la construcción de *núplex*, modernos centros agroindustriales centralmente planificados en torno de reactores nucleares; ciudades nuevas en las que todas las actividades económicas irán acopladas desde el principio a las múltiples funciones de las centrales de energía limpia y barata que darán vida a la ciudad. La industria y la agricultura se complementarán en procesos integrados que aprovecharán al máximo la gran densidad de energía de la energía de fisión, primero, y luego la de fusión. Ninguna expresión más clara pudiera concebirse del precepto del Génesis en que se fundamenta la ciencia económica y, por ende, todas las ciencias: "Fructificad y multiplicaos, y henchid la Tierra; sojuzgadla".

Antes que dejar que el FMI y el Banco Mundial sigan sojuzgándonos a nosotros y a nuestros científicos, que compiten con braceros y jornaleros desempleados por las migajas de pan que quedan tras satisfacer el voraz apetito de los usureros internacionales, serán nuestros científicos, la flor y nata de siglos de cultivo intelectual, quienes sojuzguen la naturaleza; serán ellos quienes dominen las leyes del universo y las apliquen a superar los límites arbitrarios que se le han impuesto desde afuera a nuestro crecimiento y bienestar. Serán ellos, reunidos en el Instituto Politécnico Iberoamericano y a través de nuevas ciudades que serán la quintaesencia de la identidad divina del Hombre con el Creador, quienes hagan de Iberoamérica un nuevo faro de esperanza para toda la humanidad.

Apreciado doctor Franklin:

No hace mucho me encontré a un querido colega iberoamericano, al que había dejado hará un par de años trabajando en la lucha contra varias temibles enfermedades. Quizá antes le he hablado de él: es uno de esos jóvenes entusiastas que abundan, por bendición de Dios, en estas naciones bienamadas. Está desempleado.

"Pero explícame, Francisco José", le dije, "¿es que acaso concluíste con tal rapidez tu magnífico proyecto que, de pronto, te has quedado sin qué hacer? Vamos, amigo, que un científico nunca se puede quedar cruzado de brazos; si has terminado con eso, empecemos otra cosa."

"No, no, Alejandro", me respondió con tristeza. "Lo que sucede es que nuestro laboratorio tuvo que hacer algunos ajustes, y ha despedido a la mitad del personal."

"¿Ajustes? ¿Y a qué es a lo que se ajustó tu laboratorio?"

"Al presupuesto que le tocó este año. Es un presupuesto muy ajustado."

"Pues ya veo: te ha puesto en situación apretadísima. Pero dime, Francisco José, ese ajustado presupuesto ¿a qué se ajusta? ¿Acaso han disminuido tanto las enfermedades que se intentaba combatir, que a una necesidad reducida las autoridades ajustan un presupuesto menguante?"

"Por desgracia no es así, Alejandro", respondió nuestro colega con mayor tristeza aún. "El número de enfermos se multiplica, muchos mueren, y no hay casi medios para prevenir el contagio o curar a la gente."

"Entonces, ¿qué ajuste es ése?", exclamé.

"El ajuste del presupuesto, Alejandro. Los encargados de la hacienda pública nos han explicado que se trata de sanear la economía del país."

Los Genios



La comisión de selección de genios de *Fusión Nuclear* considera que todas las grandes genialidades científicas del mundo hispanoparlante palidecen ante la estrella austral que ha escogido.

La comisión optó en esta ocasión, señoras y señores, por otorgar sus laureles a una mente que, pese a haberse formado en disciplinas ajenas a la investigación científica propiamente dicha, decididamente debe figurar en el panteón de Los Genios: Su Eminencia Víctor Martínez, quien además de sus pasmosas dotes literarias, etimológicas, analógicas y trilógicas, ocupa también la vicepresidencia de la República Argentina, no obstante el poco tiempo libre que le queda de sus estudios, investigaciones, adquisiciones y elaboraciones.

Y de verdad que, viéndolo bien, algún mérito matemático tiene que haber en su enunciado según el cual el presidente de Argentina, Raúl Alfonsín, en su reciente anuncio de que el país ha entrado en una *economía de guerra*, "prometió sudor y lágrimas, sin sangre, lo que tiene algo de negativo porque nos ha dicho que tenemos que sudar y llorar un poco más, pero también tiene algo de positivo ya que ha salido de esta trilogía que señaló un gran estadista del mundo, que fue Winston Churchill, al dejar de lado la palabra sangre. Debemos advertir no sólo los términos, sino también las esperanzas a futuro", concluyó Martínez.

Valga desglosar esta maravillosa fórmula un poco para los profanos:

Sudor + Lágrimas + Sangre = Imperialismo Británico;
Imperialismo Británico - Sangre = Vampiros del FMI

(porque ya se la chuparon; y, por común denominador):

Vampiros del FMI \times Imperialismo Británico = Ocupación de las Islas Malvinas - Programa de Energía Nuclear,

de donde se desprende que:

Esperanzas a Futuro = 0

Q.E.D.

"Ven acá, Francisco José. Tú, como científico, ¿cómo explicas que el saneamiento de la economía haga crecer el número de enfermos y muertos? Hay algo ahí que no ajusta."

"En lo mismo he cavilado. Los ministros y banqueros alegan que el ajuste exige medidas dolorosas, que a veces el enfermo tiene que sufrir para curarse. . ."

"Y ¿de qué enfermedad ha de aliviarse la hacienda pública, que su tratamiento exige echar a los científicos de los laboratorios, a los sanos al hospital y a los enfermos al cementerio?"

"No lo sé", dijo mi amigo tras un rato de reflexión silenciosa.

"Pues yo, mi querido Francisco José, empiezo a creer que esto del ajuste no

es parte de la terapia, sino de la enfermedad misma."

"Así he llegado a pensarlo."

"Más aún, creo conocer los síntomas. Sospecho que se trata de un mal muy antiguo, que la humanidad ha combatido por siglos pero no ha logrado erradicar. Dicen que se originó en Babilonia, que lo difundieron los lombardos, y se sabe a ciencia cierta que el mayor foco de infección en el último milenio ha sido Venecia. Se llama la peste de la usura."

"Por lo que estamos sufriendo, sus estragos son tremendos."

"Así es. En el siglo 14, arrasó con la mitad de la población de Europa."

"Pues creo, Alejandro, que mi nueva ocupación será encontrar remedio

a este mal, que es, por lo que veo, padre y madre de los demás que mi nación y toda la Patria Grande vienen sufriendo."

Mi amigo se ajustó la raída casaca al cuerpo enflaquecido y se despidió más animado.

Ya ve usted, doctor Franklin, el género de antiguos males que afligen al Nuevo Mundo. Un día de éstos, a ciertos banqueros y ministros les van ajustar las cuentas.

Lo saluda con afecto,

Humboldt

Pocos hombres en este siglo han unido a una gran riqueza de ideas creadoras para ampliar el dominio del hombre sobre el universo la dedicación necesaria para hacerlas realidad. Krafft Ehricke, pionero del espacio, quien murió de leucemia el 11 de diciembre de 1984, fue uno de ellos.

A lo largo de su vida, Ehricke trabajó día tras día en las tareas técnicas más difíciles de la exploración y conquista del espacio extraterrestre. Ehricke ayudó a echar las bases de los logros técnicos que en 1969 permitieron al hombre sentar su planta en la Luna, a la vez que preparó el terreno para colonizar e industrializar el satélite natural de la Tierra, primer peldaño de la exploración y colonización del sistema solar.

En los últimos años, Ehricke peleó apasionadamente contra las ideas anti-científicas y el pesimismo cultural de los ambientalistas. Le tocó ver los inicios del Partido Verde de Alemania y, en 1981, cuando él y su esposa, Ingeborg, recorrieron las universidades de Europa dando conferencias, libró una denodada batalla en pro de la idea de que el crecimiento no tiene límites, a pesar de las amenazas de violencia física de ese partido neonazi.

Sueño de décadas

Allá en los treintas, en su juventud, ya fascinado con la idea de explorar el espacio, Krafft Ehricke obtuvo en Berlín dos patentes de cohetes. Ahí había adquirido los rudimentos de la técnica coheteril, estudiando con Hermann Obert, padre de la cohetería alemana.

En la guerra, Ehricke fue enviado a trabajar a Peenemünde con algunos de los mejores cerebros científicos de Alemania. Bajo la dirección de Walter Thiel, Wernher von Braun y otros, trabajó en resolver los problemas de propulsión química del cohete V-2 y examinó las posibilidades de la energía nuclear para propulsar cohetes espaciales.

Ehricke concluyó desde entonces que los vuelos espaciales del futuro requerirían energía nuclear. Nunca abandonó esa conclusión científica, pese a que en los setentas eso le ganó cierta animadversión de la prensa y aun de algunos medios académicos y científicos que se doblegaron a la ideología antinuclear y aun al maltusianismo.

Al concluir la guerra, Ehricke y su

Krafft Ehricke: pionero del espacio



esposa emigraron a los Estados Unidos. El se unió a los más de cien científicos provenientes de Peenemünde que empezaron a trabajar para el Departamento del Ejército estadounidense en Fort Bliss. Más adelante, ingresó al personal de Bell Aircraft.

En los cincuentas, cuando empezó la carrera entre los Estados Unidos y la Unión Soviética por construir sus respectivos proyectiles balísticos intercontinentales, Ehricke, que trabajaba entonces en la división Convair de General Dynamics, contribuyó a la construcción del primer proyectil balístico intercontinental estadounidense (el famoso programa Atlas).

En 1958, todavía en Convair, Ehricke encontró el modo de emplear hidrógeno líquido en la propulsión de cohetes. El cohete Centauro, situado en lo alto del Atlas, le dio a los Estados Unidos la capacidad de situar satélites en órbitas elevadas y aun vencer la fuerza gravitacional de la Tierra. El Centauro, que todavía se emplea para enviar sondas espaciales, echó las bases para los motores de hidrógeno líquido del cohete Saturno que llevó a los astronautas estadounidenses a la Luna.

Realismo y ley natural

En un artículo publicado en noviem-

bre de 1957 en la revista de la American Rocket Society, *Astronautics*, Ehricke expuso su idea de por qué el hombre debe ir al espacio, cómo puede hacerlo y cuándo. "La idea del viaje espacial es muy emocionante, porque pone al hombre a prueba en prácticamente todos los frentes de su existencia física y espiritual. La idea de viajar a otros cuerpos celestes expresa en el más alto grado la independencia y la agilidad del espíritu humano", decía.

Es ese artículo, Ehricke apuntó tres leyes: primera, que nada ni nadie, según las leyes naturales de este universo, le impone límites al hombre, salvo él mismo; segunda, que no sólo la Tierra, sino todo el sistema solar y cuanto del universo pueda alcanzar según las leyes de la naturaleza son campo de actividad legítima del hombre; tercera, que al extender su presencia en el universo el hombre cumple su destino como elemento de vida, dotado del poder de la razón y la sabiduría de la ley moral.

"Debemos ser realistas", decía Ehricke para resumir su punto de vista, "pero hay una clase errónea de realismo, tímido y estático, que le dice al hombre que viva nada más que por existir y sin hacer olas. La clase de realismo que hace falta es el realismo visionario, el realismo de un Colón, de nuestra Constitución, de un Benjamin Franklin, de un Albert Einstein, de un Constantin Tsiolkovski y de un Hermann Oberth."

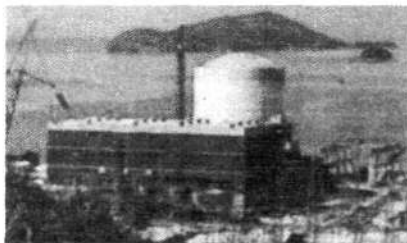
Con ese realismo visionario, Ehricke elaboró planes muy precisos para industrializar la Luna, "el séptimo continente de la Tierra", como él la llamaba, y demostró de manera incontestable que la única fuente de energía que permitirá realizar esa meta y proseguir la conquista del espacio es la energía nuclear, tanto de fisión como de fusión. Al morir, Ehricke escribía un libro sobre el tema, titulado *The Seventh Continent: Industrialization and Settlement of the Moon* (El séptimo continente: industrialización y colonización de la Luna).

Para las decenas de miles de hombres y mujeres que llevarán adelante su obra, y para los millones que, como él, no creemos que el crecimiento tenga límites físicos o filosóficos, Ehricke será siempre fuente de inspiración e ideas.

Por el mundo

EL PAPA ELOGIA LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO

En una alocución que dirigió a los trabajadores de la estación de comunicaciones espaciales de Abruzzi, Italia, el 26 de marzo, el Papa Juan Pablo II elogió su trabajo para las "grandes redes de comunicaciones que traen desarrollo y progreso". El jefe de la iglesia católica agregó: "Acepten la expresión de mi mayor gratitud y el deseo de que su trabajo, que apunta a la utilización del espacio, uno de los protagonistas principales del despliegue de las actividades humanas en las décadas venideras, pueda expresarse cada vez mejor como hacedor de bienestar y paz para toda la humanidad."



SE INAUGURÓ LA PRIMERA CENTRAL NUCLEAR BRASILEÑA

El 17 de enero pasado, el entonces ministro de Energía de Brasil, Cesar Cals, inauguró Angra I, la primera central nucleoelectrónica del país, ubicada en Angra dos Reis, a 50 millas al sur de Rio de Janeiro. Angra I, central de uranio enriquecido de 600 mil kilovatios, se terminó de construir el año pasado, pero tuvo que cerrarse dos veces por problemas del sistema de refrigeración. Desde diciembre de 1984, opera al 100 por ciento de su capacidad.

ACCESO DEL TERCER MUNDO A LA RAYOTECNIA, DEMANDA MÉXICO

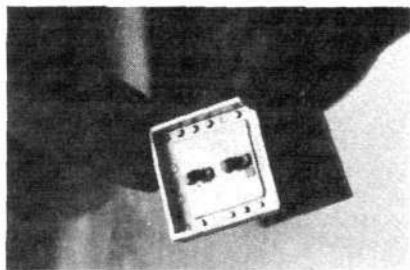
El embajador mexicano Alfonso García Robles propuso el 21 de marzo, ante el Comité de Desarme de las Naciones Unidas, que los Estados Unidos inviten a la Unión Soviética y a los firmantes de la Declaración de Nueva Delhi a participar en las investigaciones científicas y técnicas del Plan de Defensa Estratégica.

García Robles dijo que, si bien el presidente Reagan había formulado ya dicho ofrecimiento en su alocución del 21 de octubre pasado, lo condicionó a que los Estados Unidos ya hubiesen alcanzado logros significativos. México sugiere que "se haga desde ahora y que se invite a participar en plano de absoluta igualdad a la Unión Soviética y, además, a un Estado miembro de la Declaración de Nueva Delhi".

PELIGRA EL PROGRAMA NUCLEAR ARGENTINO

Alberto Constantini, jefe de la Comisión Nacional de Energía Atómica, dijo ante la comisión de ciencia y tecnología de la Cámara de Diputados de Argentina que el reducido presupuesto que se ha asignado al organismo que encabeza no permitirá completar los trabajos de la central nucleoelectrónica Atucha II y la planta de agua pesada de Arroyito.

Constantini advirtió que "tendremos que parar todos los trabajos de investigación y los trabajos de las plantas piloto, entre ellos la producción de ciclotrones". Según el funcionario, las restricciones presupuestarias obligarán a detener "toda actividad nucleoelectrónica", despedir a muchos investigadores y suspender los trabajos del acelerador de iones pesados Tandem, entre otras cosas. Tal parece que "estamos tratando con un grupo de ecologistas en Hacienda", apuntó el jefe de la CNEA.



JAPÓN TOMA LA DELANTERA EN COSA DE COMPUTADORAS

El doctor Robert Cooper, jefe del Departamento de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa de los Estados Unidos, calcula que la próxima generación de computadoras que producirá la industria japonesa, para 1989, tendrá 10.000 veces más capacidad que la presente generación de computadoras.

El plan de crear la quinta generación de computadoras en Japón cuenta con el apoyo del Instituto de la Nueva Generación de Computación, organismo gubernamental, así como de la industria privada. El fondo para este plan es de 200 millones de dólares anuales, casi el doble de la cantidad que destinan los Estados Unidos a su propio programa. Cooper dijo que la industria japonesa está de 12 a 18 meses adelante de la estadounidense.

LA "GUERRA DE LAS GALAXIAS", ESPERANZA PARA LA HUMANIDAD

Expertos del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), uno de los mayores centros de investigación científica de México, consideran que los derivados técnicos del Plan de Defensa Estratégica de los Estados Unidos son de gran importan-

cia para el Tercer Mundo, según nota aparecida en el diario mexicano *Novedades* el pasado 18 de febrero.

El proyecto, dicen los expertos, "significa una esperanza para la humanidad, para sortear el peligro del holocausto nuclear y reducir la fuerza atómica a un gran medio de progreso pacífico". Así, "los arsenales nucleares dejarán de tener importancia militar, ante la eventual facilidad de contrarrestarlos, con lo que los materiales radiactivos tendrían entonces un valor estratégico mínimo, pero de vital valor para los usos pacíficos como la producción de electricidad, procesos médicos, alimentarios y otros campos en que esta energía se ha experimentado".

SE DERRUMBA LA INDUSTRIA LECHERA EUROPEA

La industria lechera de Europa se halla en estado de postración, a juzgar por el descenso de las ventas de equipos para la producción de lácteos. Las ventas de bienes de capital a las granjas lecheras del Reino Unido cayeron 45 por ciento. La empresa Alfa-Laval informa de una caída de 21 por ciento en sus ventas de 1984. Algo similar sucede con la industria de alimentos para animales, dada la continua reducción de los rebaños. Las ventas descendieron 50 por ciento en el Reino Unido. Uno de los mayores productores de alimentos para ganado de Alemania Federal, Plange-Krafftutter, se acaba de declarar en bancarota.

MÉXICO PERDERÁ ESTE AÑO SU AUTOSUFICIENCIA EN FRIJOL

Un estudio del Banco Nacional de México prevé el riesgo de que escasee el frijol en el periodo de julio a septiembre de este año. El faltante se tendría que cubrir con importaciones de los Estados Unidos o Argentina. En cuanto al arroz, dice el estudio, se espera que la demanda se eleve este año a 740.000 toneladas, contra una producción posible de sólo 590.000 toneladas. Ello representa una caída de alrededor del 20 por ciento en un producto en que el país era autosuficiente y hasta tuvo sobreproducción hace un año.

PROPONEN QUE CHILE PARTICIPE EN LA DEFENSA ESTRATÉGICA

"Podríamos ser parte de los sistemas de defensa del continente o una subregión. Tenemos una extraordinaria ventaja en el desarrollo de la astronomía. Consecuentemente, en el uso de telescopios y grandes espejos. Tenemos una extraordinario desierto, que además de minería, podría integrar un sistema de estaciones terrestres de defensa interconectados con satélites y espejos espaciales para el hemisferio sur."

Tal argumenta Sergio R. Melnick en un artículo publicado el 20 de noviembre de 1984, en el diario *El Mercurio*, de Santiago de Chile, y en el que propone que Chile participe en el Plan de Defensa Estratégica de los Estados Unidos.

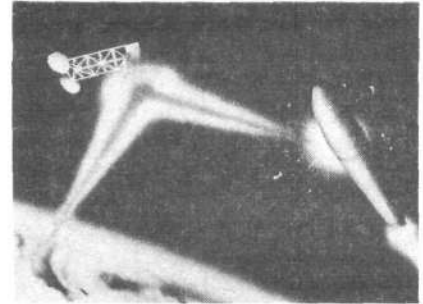
LOS ESTADOS UNIDOS DEJAN SECOS 42.000 ACRES EN CALIFORNIA

El 15 de marzo de este año, el Departamento del Interior de los Estados Unidos decidió cortar el agua de riego de 42.000 acres de tierra en el occidente del valle de San Joaquín, en California.

El motivo de cortar el agua en la parte agrícola más productiva de los Estados Unidos, que representa cerca de 1.200 millones de dólares anuales, fue que el agua que corre por el valle viola los tratados internacionales que protegen la migración de patos salvajes! El supuesto problema es que los minerales y otros desperdicios agrícolas fluyen del valle hacia el reservorio de Kesterson y afectan la conservación de la vida silvestre. La única razón de que ocurra esto es que en 1970 los ecologistas acabaron con el programa de drenaje de esas aguas al océano Pacífico.

ARGENTINA Y PERÚ FIRMAN TRATADO DE COOPERACIÓN NUCLEAR

En enero de este año, Argentina y Perú firmaron un acuerdo de colaboración en el uso pacífico de la energía nuclear, que incluirá la construcción del complejo nuclear de Huarangual, cerca de Lima. Juan Barreda Delgado, del Instituto de Energía Nuclear de Perú, dijo que ambos países decidieron continuar inmediatamente con la obra, obstruida por la crisis económica, y terminarla para finales de diciembre de 1986.



La India será una superpotencia agroindustrial para el siglo 21

Los días 9 y 10 de abril se celebró en Nueva Delhi, India, una conferencia titulada "India, Superpotencia Agroindustrial para el Siglo 21: Estrategia de Despegue Económico", auspiciada por *Fusion Asia*, organización hermana de la Asociación pro Energía de Fusión de México y la Asociación pro Energía de Fusión de Colombia, así como de la Fusion Energy Foundation de los Estados Unidos y Europa.

Se presentó en la conferencia, a la que asistieron unos 60 representantes de empresas y gobiernos de muchos países, una audaz iniciativa para el desarrollo del sudeste asiático, tomando a la India, por sus vastos recursos naturales, técnicos y humanos, como eje de una nueva macrozona económica mundial, supermoderna y productiva.

Los tres temas dominantes en la conferencia fueron el plan de desarrollo del valle del río Ganges, la integración económica regional del subcontinente, y el aprovechamiento de lo más avanzado en tecnología como vector de progreso económico, temas todos planteados en el discurso de bienvenida lo dio H.C. Hingarh, alto ejecutivo de la firma Modipon, Ltd. El señor Hingarh señaló que nadie venía a ver si tales objetivos eran deseables o necesarios, sino cómo y cuándo se realizarían.

Tras las palabras introductorias de Hingarh, la primera exposición de la conferencia estuvo a cargo del ministro de Planeación de la India, K.R. Narayanan. El ministro pronunció un enérgico discurso en el que saludó a *Fusion Asia* y su conferencia, y expresó el apoyo del gobierno indio a dos proyectos que allí se proponían: el plan de desarrollo del valle del Ganges, y un canal por el istmo de Kra, en Tailandia, para fomentar el comercio intraregional. Fue éste el primer pronunciamiento oficial del gobierno indio en apoyo del canal de Kra.

Extravagante, pero vital

"El título de esta conferencia", dijo

Narayanan, "aunque extravagante, porque aquí en la India normalmente no aspiramos a la condición de superpotencia, es un tema alentador; un tema optimista, y quizá algo que se pueda realizar". En cuanto a la estrategia comercial de "puertas abiertas a Asia" propuesta por *Fusion Asia*, Narayanan observó: "Entramos ahora en una nueva era, en la que surge nuevamente como posibilidad práctica el viejo concepto de la cooperación asiática contemplado por Jawaharlal Nehru. En este sentido, la idea del canal de Kra es de gran importancia".

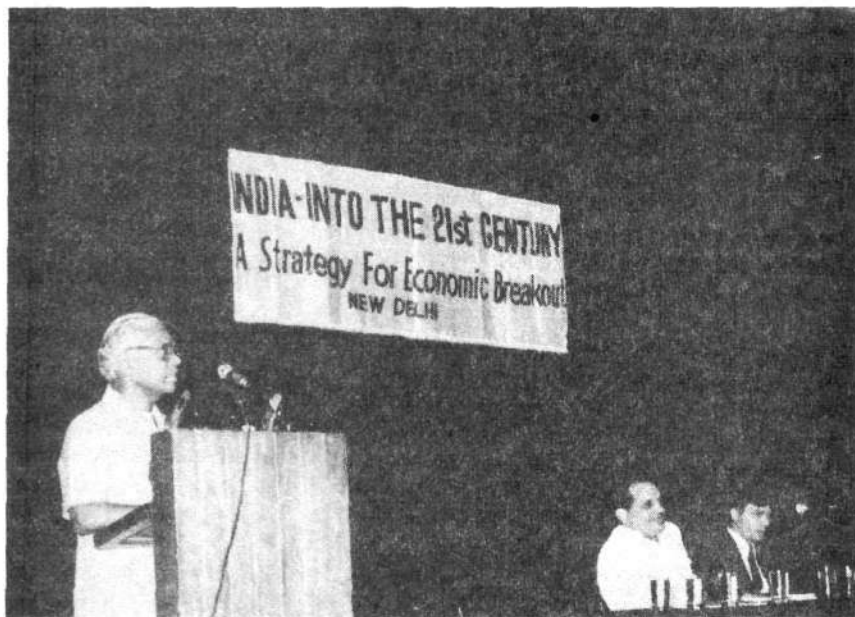
Finalizaron el primer día de la conferencia Ramtanu Maitra, director de *Fusion Asia* en India, y el doctor H.L. Uppal, de la Universidad Agrícola del Punjab. Ambos hablaron en la tarde sobre el plan de desarrollo del Ganges, señalando diversas alternativas de manejo de aguas y modificación de las cuencas hidráulicas. A las ponencias siguió un extenso y animado período de discusión.

Cooperación internacional

Al día siguiente abrió la conferencia Uwe Parpart v. Henke, quien describió la relación histórica entre la productividad de la economía y la densidad de flujo energético de los medios técnicos de producción. El doctor Parpart hizo un recuento de los adelantos más recientes de la física de alta energía y sus repercusiones en diferentes ramas de la ciencia y la industria. Concluyó que para suplir la inmensa falta de bienes de capital en el sudeste asiático, la India debiera dedicarse a producir más y mejores bienes de ese tipo.

Siguió a Parpart el doctor D.K. Ghosh, físico de láseres del Instituto Indio de Tecnología en Bombay, quien habló de las transformaciones que los láseres traerán a la industria. Habló enseguida Tata Rao, veterano del programa de energía de la India, quien observó que "el grupo Fusión ha demostrado convincentemente, empleando el modelo LaRouche-Riemann, que la

pasa a la página 64



En la conferencia de *Fusion Asia*, el ministro de Planeación de la India K.R. Narayanan expresa el apoyo del gobierno indio a los planes de aprovechamiento del Ganges y del canal de Kra.

El holocausto biológico en Africa,



aviso de catástrofe mundial

por John Grauerholz

Más de mil personas mueren a diario de cólera en el norte de Somalia, pese a existir una cura bien conocida, barata y eficaz. "Alguien puede haber decidido conscientemente no curar a las víctimas del cólera en Somalia", dijo un especialista en la materia. "No alcanzo a imaginarme que alguien tenga que morir de cólera; no tiene sentido. El tratamiento de rehidratación oral es increíblemente barato —cuesta el equivalente de diez centavos o a lo sumo un dólar por persona tratada—, y se conoce en todo el mundo; simplemente no hay forma que alguien no lo conozca".

El brote de cólera ocurrió cuando un súbito aguacero inundó las letrinas de un campo de concentración de refugiados junto a la frontera con Etiopía, derramando residuos a las fuentes de agua potable de 300.000 personas. A menos que se tome acción inmediata, antes de que termine abril pudieran morir más de 200.000.

La epidemia de Somalia no es un fenómeno aislado, sino parte de una pandemia de cólera que lleva diez años gestándose. En ese lapso, la enfermedad, que en casi todo el siglo 20 había estado ausente de Africa, se ha difundido por lo menos a 22 países del continente, tras los grandes brotes en Nigeria a comienzos de los setentas. Ahora el cólera es endémico en 96 países, y pudiera extenderse con rapidez,

dadas las condiciones de desplome económico, a Europa y los Estados Unidos.

Unas 75 subdivisiones regionales de países africanos tienen graves problemas con el cólera, según estadísticas recientes del Centro de Prevención de Enfermedades (CPE) en Atlanta y la oficina de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en Washington, DC. Entre los países afectados están Alto Volta, Benin, Burundi, Camerún, Costa de Marfil, Gana, Guinea Ecuatorial, Kenia, Liberia, Mali, Mauritania, Níger, Nigeria, Sudáfrica, Swazilandia, Tanzania y Zaire. Otros dos países donde se sabe que hay problemas de cólera endémico, pero que no le han presentado informes oficiales a la OMS, son Etiopía y Sudán.

Estas listas se basan en lo que reconocen los ministros de salud de los países afectados, pero un médico conocedor de la situación africana advirtió que "muchos países no reportan los brotes de cólera por motivos políticos, entre ellos la posibilidad de pérdidas comerciales". Aun cuando los gobiernos reportan la existencia del cólera u otras plagas devastadoras a entidades como la Cruz Roja Internacional, los informes no se publican, y no se le informa al mundo que las enfermedades pandémicas arrasan la desnutrida y hambrienta población africana.

Holocausto biológico: política del FMI

La crisis africana es resultado directo de las condiciones de austeridad del Fondo Monetario Internacional, confeccionadas para llevar a efecto la política de despoblación del informe *Global 2000* emitido por el gobierno estadounidense de Jimmy Carter.

En cumplimiento de tal política la agricultura africana, que una vez produjera superávit alimentarios exportables, ha sido destruida, y las poblaciones arreadas a campamentos de refugiados, que sirven para concentrar grandes cantidades de gente enferma y hambrienta en condiciones que favorecen la rápida propagación de las enfermedades, faltando todo medio de prevención o tratamiento. Estos campamentos son gigantescos caldos de cultivo donde proliferan virus, bacteria y parásitos que se propagan entre una población altamente susceptible.

La respuesta del FMI a todo este desbarajuste ha sido exigir todavía más austeridad y aumentar la presión para que los países paguen sus deudas. El único resultado posible de tales prácticas es asegurar el exterminio más rápido posible de las poblaciones del África negra.

El desplazamiento demográfico más notorio, que ha creado las condiciones de epidemia, es resultado directo de la política del FMI; se trata del fenómeno de la concentración de la población. Además de los campos de concentración africanos resultantes de la actual hambruna y las guerras regionales, ha habido en los países subdesarrollados un proceso de concentración de la población que viene de mucho antes. Es el fenómeno de la "marginación", en el que los habitantes de áreas rurales, debido al deterioro económico, abandonan el campo y se congregan en las afueras de las principales ciudades del Tercer Mundo, creando cinturones de hacinamiento, suciedad, desnutrición y ausencia hasta de las más rudimentarias instalaciones médicas y de salud. A medida que se descomponen la infraestructura de las ciudades mismas, epidemias originadas en las zonas marginales pudieran "implotar" con rapidez hacia los centros urbanos.

Así, pues, presenciamos la aplicación de un método muy barato y eficiente de aislar y destruir grandes poblaciones del Tercer Mundo, sin tener que recurrir a costosas armas

nucleares o convencionales. La "infraestructura" de propagación de las enfermedades es la propia población, más las ratas y demás alimañas que sirven de portadoras de los diversos microorganismos.

En este contexto fue que la OMS reportó hace poco que cada minuto mueren 10 niños menores de 5 años de edad, y otros 10 quedan incapacitados por falta de vacunas contra algunas de las enfermedades infantiles más comunes. Casi todos esos niños viven en el sector en vías de desarrollo, donde sólo el 20 por ciento de los niños está completamente inmunizado. Cinco millones de niños mueren al año y otros cinco millones quedan incapacitados por falta de vacunas que sólo costarían cerca de 10 dólares por cabeza. El bajo nivel de inmunización garantiza que no haya suficiente "inmunidad colectiva" en las poblaciones atacadas, para inhibir la propagación de las epidemias.

Lo anterior ni siquiera toma en cuenta la malaria. En su forma más maligna, la provocada por *Plasmodium falciparum*, esta enfermedad afecta a casi 200 millones de africanos y terminará por matar por lo menos a 20 millones de los afectados. Además, la malaria es la causa principal, después de la desnutrición, de la depresión del aparato inmunológico. La malaria es la que crea las condiciones en que el virus de la mononucleosis infecciosa puede causar cáncer de los nodulos linfáticos. Los científicos investigan el caso de cuatro estadounidenses que contrajeron este cáncer tras haber estado cerca de un visitante sudafricano que portaba el virus.

El holocausto no se limita a las enfermedades humanas. En Bélgica se ha desatado un brote de fiebre porcina africana, que obligó a eliminar toda la cría de cerdos en Haití hace algunos años, con catastróficas consecuencias para las reservas alimentarias. Esta enfermedad, fatal en el 95 por ciento de los cerdos afectados, y casi imposible de erradicar, es una grave amenaza a la industria porcina europea, por valor de 20.000 millones de dólares al año. Hasta ahora ha habido que sacrificar 20.000 cerdos belgas, y las autoridades expresan con cauteloso optimismo que lograron suprimir la enfermedad. . . por ahora.

Estas enfermedades animales le presentan al hombre una doble amenaza: por un lado la transmisión de enfermeda-



La población mundial blanca cesará muy pronto de aumentar. Las razas asiáticas tardarán bastante, y los negros todavía más, para que sus tasas de nacimientos se desplomen lo suficiente como para alcanzar el equilibrio sin ayuda de guerra y pestes. . . Hasta que no pase eso, los beneficios del socialismo sólo se pueden alcanzar parcialmente, y las razas menos prolíficas tendrán que defenderse de las más prolíficas con métodos repugnantes aunque necesarios.

— Bertrand Russell, *Prospects of Industrial Civilization*

des tales como la triquinosis y la toxoplasmosis, y por el otro la destrucción de una fuente importante de proteína de alta calidad. Este es un problema de particular gravedad en Iberoamérica, donde la producción de carne de res y de cerdo es cara e ineficiente debido a la extensión de las enfermedades animales.

Si se sobreponen los mapas de la desnutrición y las enfermedades humanas y animales potencialmente epidémicas, se puede uno dar una idea bastante precisa de las poblaciones que tienen destinadas al exterminio instituciones como el Club de Roma y las demás agrupaciones neomaltusianas que guían la política del FMI. Lo que también resulta obvio es que va a ser imposible confinar esas pestes a las regiones indicadas. Resulta ello particularmente cierto cuando se comprende que forman parte de sus objetivos importantes regiones de los Estados Unidos.

De continuarse la política actual, África entrará en una fase terminal que resultará en una despoblación acelerada en los próximos dos o tres años. Seguirán después Asia, Iberoamérica y luego —más pronto de lo que se cree— grandes porciones de los países desarrollados. La ventaja que le atribuyen a este guión las agencias que lo promueven es que, a diferencia de la guerra nuclear, va dirigido específicamente contra las razas negra, morena y amarilla, supuestamente evitándole tal suerte a los tramoyistas anglo-soviéticos, suizos y venecianos.

Los que siguen

El cólera, la malaria, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) y otras enfermedades que ahora hacen estragos en África, no respetan fronteras nacionales, y proliferan con tal exuberancia que difícilmente podrán contenerse. En tales condiciones ocurrirán mutaciones a formas más virulentas y transmisibles. Es sólo cuestión de tiempo que se extiendan a Europa y los Estados Unidos, donde las mismas medidas del FMI crean focos de deterioro higiénico y nutricional y pronto se formarán las concentraciones necesarias de individuos susceptibles.

El SIDA ilustra esta situación. Esa enfermedad, que originalmente sólo se observaba entre homosexuales y adictos a drogas inyectables, ha atacado ya a más de 10.000 individuos en los Estados Unidos, el 48 por ciento de los cuales ha muerto ya. En 1984 el número de casos reportados fue 74 por ciento mayor que en 1983. Entre los niños, la mortalidad es mayor; entre los enfermos diagnosticados antes de enero de 1984, la mortalidad fue del 73 por ciento.

El 75 por ciento de los casos reportados en los Estados Unidos han ocurrido en cuatro estados: California, Florida, Nueva Jersey y Nueva York. Mientras que el riesgo de contraer la enfermedad aún se limita a cuatro grupos "especiales", estudios recientes muestran que en condiciones de agudo deterioro higiénico y desnutrición la enfermedad pudiera extenderse con rapidez al resto de la población.

En abril de 1984, científicos de los Estados Unidos y Francia anunciaron el aislamiento de un virus que destruye exclusivamente las células T, uno de los principales tipos de células del aparato inmunológico, y lo identificaron como el causante del SIDA. Desde entonces se ha perfeccionado una técnica para cultivar el virus; y existe ya un examen de sangre que permite determinar si ha habido contagio. Los



La agricultura moderna y las técnicas avanzadas de conservación de alimentos permitirían alimentar una población mundial varias veces mayor que la actual. El problema es de política económica.

primeros resultados de esos estudios fueron "sumamente inquietantes", según el doctor Harold Jaffe, del CCE. Entre ciertos sectores de la población, un gran número de personas han estado expuestas al contagio; pudiera montar a entre 30 y 50 veces el número de casos reportados. Entre 5 y 20 por ciento de esos individuos manifestarán la enfermedad en los próximos cinco años. Se calcula actualmente que hasta 300.000 personas han contraído el virus en los Estados Unidos, y que el 10 por ciento de ellos sufrirán la enfermedad.

Con todo lo impresionantes que resultan tales cifras, en Zaire y otras regiones africanas al sur del Sahara, la incidencia del SIDA es por lo menos de 10 a 20 veces mayor que en los Estados Unidos. Ahí la enfermedad se propaga epidémicamente mediante el contacto heterosexual y la falta de higiene, en una población cuya inmunidad ha disminuido ya muchísimo por la desnutrición y las enfermedades infecciosas crónicas. La opinión médica prevaeciente en la actualidad es que la enfermedad ha sido endémica en África por mucho tiempo, y que el virus se propagó por las antiguas rutas del comercio portugués de esclavos.

La epidemia africana refleja las condiciones de extremo desbarajuste que hay allí, e indica que en los Estados Unidos, de descender a tal nivel las condiciones de higiene y nutrición, pudieran ocurrir epidemias similares como consecuencia de la rápida difusión del virus entre la población.

Mientras que la infraestructura de salud de los Estados Unidos apenas comienza a descomponerse, como lo atestiguan los brotes de disentería que hubo en Pensilvania el año pasado, el virus del SIDA se ha propagado principalmente por obra de ciertos "estilos de vida" que contravienen el objetivo básico de la higiene: mantener separación entre lo que se come y lo que se excreta. Las prácticas homosexuales resultan en la contaminación fecal-oral y en la transmisión de numerosos virus, bacterias y parásitos de una persona a otra. Como resultado, existe una vasta reserva del virus, especialmente en los decadentes centros urbanos.

Hambre en los Estados Unidos

De 20 a 30 millones de personas subsisten en los Estados Unidos con dietas más o menos equivalentes a las de los campos de concentración nazis de la Segunda Guerra Mundial. Muchas de estas personas viven en condiciones de suciedad y hacinamiento en los centros de las ciudades, con servicios médicos y de higiene decadentes. El hambre y hasta la inanición han regresado a muchas partes de los Estados Unidos, mientras se desenvuelve la tan pregonada "recuperación económica". El hambre que se había difundido a finales de los sesentas, venturosamente combatida con programas como el de los cupones de comestibles a finales de los setentas, regresa ahora con el desmantelamiento de esos programas para pagar la deuda federal.

En el estudio *Hunger in America—The Growing Epidemic* (El hambre en los Estados Unidos, epidemia creciente), se documenta el resurgimiento de la desnutrición y el hambre en el Atlántico medio, el sureste, el oeste medio y el suroeste estadounidenses. El trabajo, preparado por un grupo de médicos que estudian el hambre en los Estados Unidos, calcula que mínimamente 20 millones de estadounidenses pasan hambre al grado de quedarse sin comida dos o más días al mes. A los niños y ancianos es a quienes peor les ha ido; cerca de medio millón de niños estadounidenses sufren desnutrición, con sus síntomas de bajo peso al nacer y crecimiento atrofiado.

En centros urbanos desde Albuquerque, Nuevo México, hasta Chicago, Illinois, aparecen en los hospitales y clínicas pediátricas casos de marasmo y Kwahiorakor, males comúnmente ligados al hambre extrema de las zonas de hambruna en África. Si bien uno que otro caso puede resultar de abusos y negligencia, la mayoría resultan de la falta de elementos básicos de salud y nutrición infantil entre la creciente población pobre de los Estados Unidos. Las 350.000 familias que acaban de quedarse sin compensación por desempleo probablemente producirán más casos de éstos,



La Fusion Energy Foundation, de los Estados Unidos, propuso un plan militar de urgencia para transportar alimentos y vacunas a las naciones de África, para aliviarlas mientras se contruyen, también con recursos y métodos militares, las obras de infraestructura necesarias para su autoabastecimiento.

a medida que se derrumban otros mecanismos de protección bajo los golpes de la "mano invisible" de la economía de "libre empresa".

La anemia, el crecimiento atrofiado, la diarrea y la deshidratación, todas manifestaciones de la desnutrición infantil, son condiciones mucho más difundidas. La anemia se manifiesta en debilidad y merma de la función inmunológica, y afecta a entre 20 y 30 por ciento de los niños pobres. Muchos de esos niños nacieron con peso subnormal, como resultado de la desnutrición materna.

El poco peso al nacer es en sí mismo un importante factor en el marcado aumento de la mortalidad infantil, las incapacidades físicas y emocionales, los problemas escolares y los pequeños y grandes trastornos nerviosos. Los niños de poco peso tienen 30 veces más probabilidad que los de peso normal de morir antes de cumplir un año, y más de la mitad de las muertes infantiles en los Estados Unidos provienen de este grupo. El poco peso al nacer ocupa el octavo lugar en la lista de las principales causas de muerte en los Estados Unidos, donde en años recientes se ha visto un marcado aumento de las muertes infantiles en los perímetros de ciudades como Boston, Detroit, Filadelfia y Nueva York.

Cuando se coloca un grupo de niños susceptibles en circunstancias de deterioro general de la infraestructura de vivienda y salud, se crean condiciones en que comienzan a reaparecer las devastadoras enfermedades contagiosas del pasado, como la tuberculosis. En semejantes condiciones, se reactiva en los ancianos desnutridos la tuberculosis de la que ya se habían curado, y ellos se la transmiten a sus nietos, lo que abre las puertas al regreso de "la plaga blanca, el primer jinete del Apocalipsis", como se la conocía antaño. La tuberculosis infantil, otrora casi erradicada mediante enérgicas medidas de salud pública, es tan frecuente ahora en ciudades como Chicago que se le considera un problema rutinario.

La mortalidad infantil tiene por causa, además de la desnutrición, la falta de atención perinatal debido al cierre de clínicas y el desmantelamiento de la infraestructura sanitaria merced a las reducciones de los presupuestos nacional, estatales y municipales. Alternativas que se han propuesto, como los trabajadores de salud comunitarios y la atención con reducidos medios técnicos, se parecen mucho a las propuestas formuladas en la conferencia de la OMS en 1978. Fue en esa conferencia, celebrada en Alma Ata, Unión Soviética, donde se tomó la decisión formal de no hacer grandes inversiones en infraestructura sanitaria.

El principal blanco de la tuberculosis en los Estados Unidos actualmente son los ancianos, sector al que también afectan el hambre y la desnutrición. En Chicago subsisten muchos ancianos con una dieta de 550 calorías y 24 gramos de proteína, inferior a la dieta de los campos de concentración nazis, donde se suministraban 800 calorías y 40 gramos de proteína. En tales condiciones, se acelera la baja de la función inmunológica, que normalmente sobreviene con la edad avanzada, y se reactiva la tuberculosis después de curada. Cuando estos ancianos cohabitan con niños en condiciones de hacinamiento, generalmente resulta un aumento de la tuberculosis infantil. Ello ocasiona a su vez que haya cada vez más gente físicamente débil, terreno fértil

para la propagación de epidemias como el SIDA, el tifo, la fiebre tifoidea o la peste bubónica.

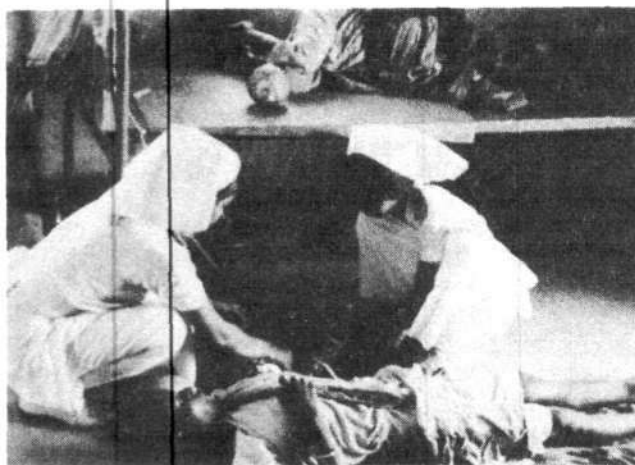
Régimen de campo de concentración

Digan lo que digan los fanáticos de las dietas austeras, la hipertensión, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares son comunes también entre los adultos pobres. Tales enfermedades reflejan deficiencias alimentarias de toda la vida, especialmente de proteína de alta calidad. Garantiza la deficiencia la llamada "dieta económica" ideada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Esa dieta estipula más o menos los mismos 40 gramos de proteína que se le daban a los residentes de Dachau y Bergen-Belsen, con la generosa adición de 400 calorías de almidones de baja calidad. Según estudios del propio Departamento de Agricultura, más del 80 por ciento de los hogares en que los gastos alimentarios se ajustan a la "dieta económica" sufren desnutrición.

Una población saludable, con mortalidad infantil muy baja y un largo período de vida útil, es porque tiene una dieta de por lo menos 100 gramos de proteína por día, 70 de los cuales serían proteína de alta calidad (proteína animal), y una ingesta calórica diario de 2.500 a 3.000 calorías.

Pero la "dieta económica" se formuló programando una computadora para que saliera con una dieta ajustada al miserable nivel actual de gastos federales, sin consideración alguna de su valor nutritivo. Este es el tipo de mentalidad "eficiente" que le alegrara el corazón a Adolf Eichmann o a Milton Friedman, sólo que a Friedman a lo mejor le pareciera demasiado generosa. Y definitivamente corresponde a los planes de los cárteles cerealeros y todos los funcionarios del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos que se lamentan por el supuesto "superávit" agrícola.

La dieta económica se compagina con un alejamiento general de costumbres dietéticas estadounidenses como la dieta a base de carne de res, de contenido proteínico relativamente elevado, a un menor consumo de proteína, tanto cuantitativa como cualitativa, y el aumento del consumo de carbohidratos y "forraje", que son dietas más parecidas a las del Tercer Mundo. Todo el escándalo que se ha hecho sobre las grasas y el colesterol, independiente de la validez que reducir su consumo pueda tener en casos individuales, ha servido para lubricar la transición a un ré-



Los programas de saneamiento e inmunización se han reducido al mínimo como consecuencia de los "ajustes económicos" del Fondo Monetario Internacional.

gimen alimenticio inferior para la población estadounidense. Desde mediados de los sesentas, cuando surgieron los movimientos ambientista y antinuclear, la dieta estadounidense ha sido blanco de los ataques de una caterva de "nutricionistas" y "defensores del consumidor". El resultado neto ha sido la transición de una dieta adecuada para un promedio de vida de 72 años, a una dieta para un promedio de 42 años.

Puesto que la política actual tiene por objetivo supremo reducir los gastos, ha surgido toda una plétora de obstáculos para evitar que reciban cupones de comestibles incluso quienes cumplen los requisitos para recibirlos. Tales requisitos se manifiestan en largas colas de espera, formularios de solicitud extensos y complicados, la amenaza de juicios por fraude y requisitos que le roban a los solicitantes lo poquito que les queda de dignidad y propiedad. Todo ello ha conducido a la mengua del número de recipientes de cupones de alimentos, pese a haber aumentado considerablemente la pobreza.

Juntos, la desnutrición, el deterioro de los servicios de salud y la desintegración de la infraestructura sanitaria, vienen creando en los Estados Unidos cinturones de miseria con índices de morbilidad y mortalidad infantil comparables a los del Tercer Mundo.



Las ideas y metas de Malthus, Mc Namara y de Larosiere son una y la misma cosa: genocidio.



La ciencia contra el hambre

Los Landsat: mejorar la Tierra desde el espacio

El estudio de la Tierra desde el espacio —tarea emprendida por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos con el grupo de satélites bautizados Landsat— ha salvado miles de vidas y millones de dólares. Junto con los satélites meteorológicos, los Landsat han ayudado a los agricultores a planear siembras y cosechas, y han hecho posible descubrir nuevas zonas minerales y otros recursos que encierra la corteza terrestre.

Pero, ahora, debido a las restricciones presupuestarias impuestas al programa espacial de los Estados Unidos, tanto el servicio Landsat como el servicio meteorológico vienen funcionando con sólo la mitad de los satélites necesarios para realizar observaciones completas. A ello se suma que, desde 1979, por decisión del entonces presidente Jimmy Carter, el servicio Landsat se viene privatizando, lo que se traduce en que la utilización de la información que provee se ha reducido a un tercio. En tanto, otros países desarrollados, como Francia, han entrado al negocio, y con equipo más fino que el estadounidense.

Cómo se hace

Desde 1969, cuando los astronautas de la nave espacial Apolo, mientras viajaban a la Luna, tomaron fotos de la Tierra, la NASA emprendió el mejoramiento de las técnicas destinadas a estudiar nuestro planeta desde el espacio.

En este momento hay sólo un satélite Landsat girando en torno a la Tierra, aunque se han lanzado cinco a lo largo de varios años. La información que recaba con sus aparatos la transmite a estaciones receptoras situadas por toda la Tierra. Todos los días, el satélite Landsat nos remite información que no se puede obtener simplemente con observar la Tierra de cerca.

Lo que hace el Landsat se llama **detección remota**. La forma más sencilla de detección remota es la que se hace con los ojos. Detección remota simplemente quiere decir ob-

tener información de algo sin necesidad de tocarlo. Si un agricultor quiere saber qué tal crecen sus cultivos, puede caminar entre ellos y simplemente verlos; pero no verá gran cosa. Puede meterse a un coche y darle una vuelta a la granja, pero aun así verá menos de la décima parte de los cultivos.

Puede también alquilar un avión y volar sobre la granja, pero entonces sólo verá una parte a la vez, y si hace mal tiempo simplemente no podrá volar. Además, tendrá que bajar cada vez que se canse el piloto o se agote el combustible del avión, aparte de que resulta caro estar sobrevolando los cultivos cada par de semanas durante la temporada de crecimiento para ver que todas las plantas estén bien en el verano y no les falte agua.

Hace años que se emplea la detección remota desde aviones, con cámaras o a simple vista, pero con la detección remota desde el espacio se puede observar no sólo una granja, un municipio, un estado o un país, sino **toda** la Tierra, y en muy poco tiempo. También es una manera de obtener información sin necesidad de enviar gente a hacer observaciones, y nos muestra cosas que no pudiéramos ver ni estando presentes.

Cómo funciona Landsat

La NASA lanzó el primero de sus satélites de la serie Landsat en 1972. Desde entonces ha lanzado un total de cinco, cada uno con instrumentos más modernos que el anterior. La órbita de los Landsat es polar, o sea, que giran en torno a la Tierra pasando sobre los polos; como la Tierra gira mientras tanto, el satélite cubre todo el planeta. Un Landsat pasa sobre el mismo punto cada 18 días.

Cada satélite pesa menos de una tonelada, y contiene dos instrumentos básicos para "mirar" la Tierra: uno es un detector multiespectral, conocido como MSS; el otro fue, en los primeros satélites, el llamado Vidicom, y ahora es un aparato aún más fino, llamado Thematic Mapper. El Vidi-

com es un instrumento compuesto de dos cámaras de televisión, que toman imágenes en blanco y negro. Cada una de estas imágenes cubre un área de 90 kilómetros de lado (más de ocho mil kilómetros cuadrados). Estas imágenes se parecen a las fotos que se toman desde un avión, pero cubren una extensión mucho mayor.

El detector multispectral (o MSS, por sus siglas en inglés) no toma imágenes individuales, sino que hace un recorrido continuo de una superficie determinada de la Tierra. Se llama **multispectral** porque puede "ver" la Tierra en cuatro longitudes de onda a la vez. Dos de ellas son diferentes colores de la luz. La razón de que podamos ver distintos colores con los ojos —nuestros detectores remotos personales— es que los objetos que vemos reflejan las ondas de luz en determinadas longitudes de onda.

La luz es la parte visible del espectro electromagnético, el cual va desde la radiación calórica, de ondas muy largas, hasta la luz ultravioleta y los rayos equis, de cortísima longitud de onda. El MSS del Landsat percibe luz reflejada de la Tierra en los colores, o longitudes de onda, verde y rojo, que forman parte del espectro visible. Pero el MSS puede "ver" también los rayos infrarrojos, cuyas ondas son demasiado largas para verlas con los ojos. El Landsat percibe dos longitudes de radiación infrarroja, y esa información se puede combinar con la luz verde y roja que recibe, para producir impresiones que contienen una gran cantidad de información.

Los instrumentos del Landsat transforman los datos crudos que reciben en señales electrónicas que transmiten a la Tierra. Reciben la información tres estaciones receptoras en los Estados Unidos y diez más alrededor del mundo. Una vez recibidas las señales, las estaciones las remiten

todas, vía satélite, al Centro Goddard de Vuelos Espaciales, en Maryland, Estados Unidos.

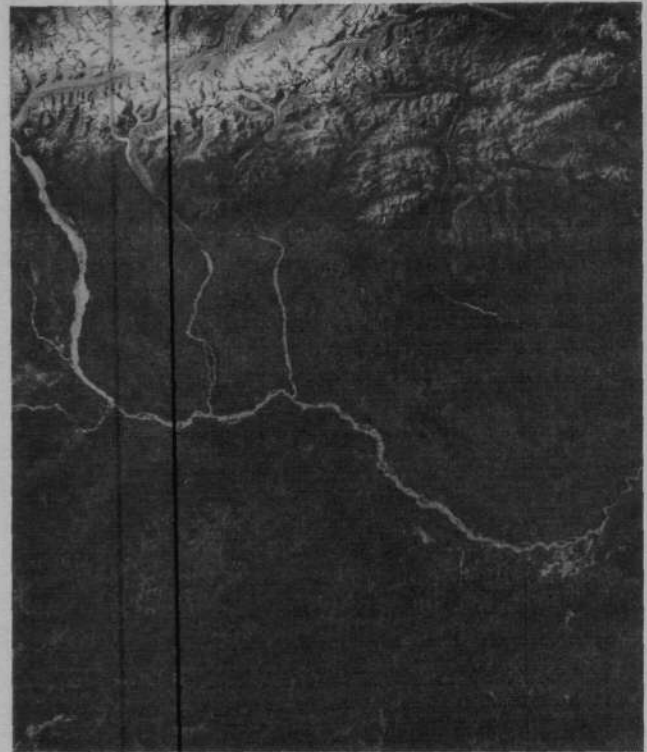
En el Centro Goddard se almacena la información en películas y cintas de computadora. Cuando a toda esa información se le ha dado una forma más usable, se envía a un banco de información llamado **Red de Observación de Recursos Terrestres**, en Sioux Falls, Dakota del Sur. Ahí se guardan las fotos y grabaciones, para vendérselos a quienes los soliciten.

Para transformar los datos crudos del Landsat en imágenes que la gente pueda utilizar se requiere muchísimo trabajo. Cada imagen que envía el Landsat cubre un área de unos 33.000 kilómetros cuadrados. Los objetos más pequeños que puede distinguir el MSS son los de unos 80 metros de diámetro (o, como se dice, tiene una resolución de 80 metros); la resolución del Thematic Mapper es de 30 metros.

El MSS trasmite a la Tierra cada segundo más de un millón de datos, en forma de pulsaciones electrónicas. Se requieren más de 30 millones de unidades de información para juntar la imagen de esos 33.000 kilómetros cuadrados. Para



Arriba: Un técnico estudia en un analizador detalles de los datos enviados por el primer satélite Landsat. Cada imagen del Landsat se compone de 30 millones de unidades de información.



La observación de los regadíos de Nebraska, Estados Unidos, por medio del Landsat, en diferentes épocas del año, ha ayudado a los agricultores a fijar metas de rendimiento por hectárea y determinar el volumen de riego. Los círculos que se ven en la parte inferior de la foto son regadíos con aparatos giratorios de riego. Los rectángulos que se ven en el resto de la foto son cultivos comunes, con surcos rectos. Las diferencias de la radiación infrarroja que se refleja al espacio informan a los científicos sobre las condiciones de los cultivos, cuánto riego necesitan, si hay plagas, etc.

integrar toda esa información, se emplean modernísimas computadoras. Este proceso es similar al que empleó la NASA para hacer "fotografías" a partir de la información que envió la astronave Voyager desde Jupiter y Saturno. Muchas de esas impresiones no tienen un aspecto "real" porque los colores no son los veríamos con los ojos. Los científicos de la NASA le añaden color a las imágenes de computadora para destacar los elementos más importantes del área cubierta.

Por ejemplo, las imágenes que obtiene el Landsat al registrar los rayos infrarrojos no son del color rojo que vemos con los ojos. Los especialistas en computadoras combinan diversos colores para hacer visibles los detalles que obtienen en infrarrojo. Es como tomar una foto de la cocina con película sensible al calor, en la que las cosas calientes aparezcan con diferentes tonos de rojo, según su temperatura, e independientemente de su color visible. Para su correcta interpretación, habrá que advertir esto a quien la vea.

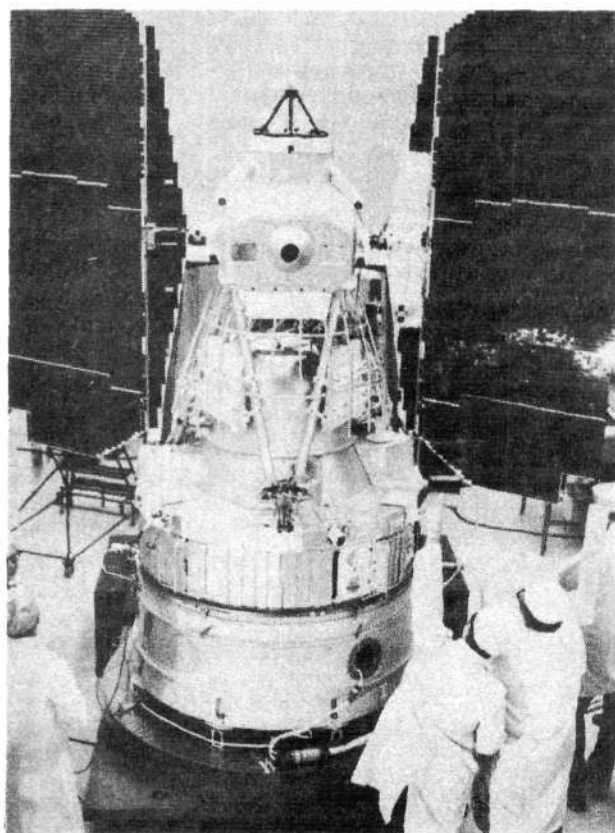
La importancia del infrarrojo

Si tomamos una fotografía aérea del estado norteamericano de Kansas en julio, casi todo se verá verde. Pero ¿cómo saber cuáles agricultores cultivan trigo, cuáles maíz, cuáles otras cosas? Supongamos que hace falta saberlo, porque tenemos que calcular de cuánto grano se dispone para ayudar a combatir la hambruna en África. ¿Cómo saber exactamente cuánto trigo se cultiva en el estado de Kansas?

Cada variedad de planta refleja las ondas infrarrojas en cantidad y longitud de onda diferentes. El Landsat puede distinguir entre trigo, maíz y soya, por ejemplo, por el tipo de radiación infrarroja que esas plantas reflejan hacia el espacio. Por consiguiente, con el Landsat puede saberse exactamente cuánto trigo se cultiva en el estado de Kansas.

Los rayos infrarrojos son distintos también si la planta está enferma o no recibe suficiente agua, o si está débil o

pasa a la página 64

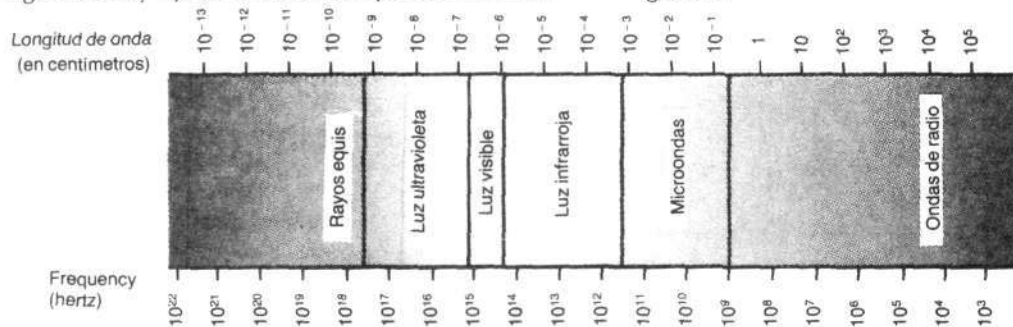


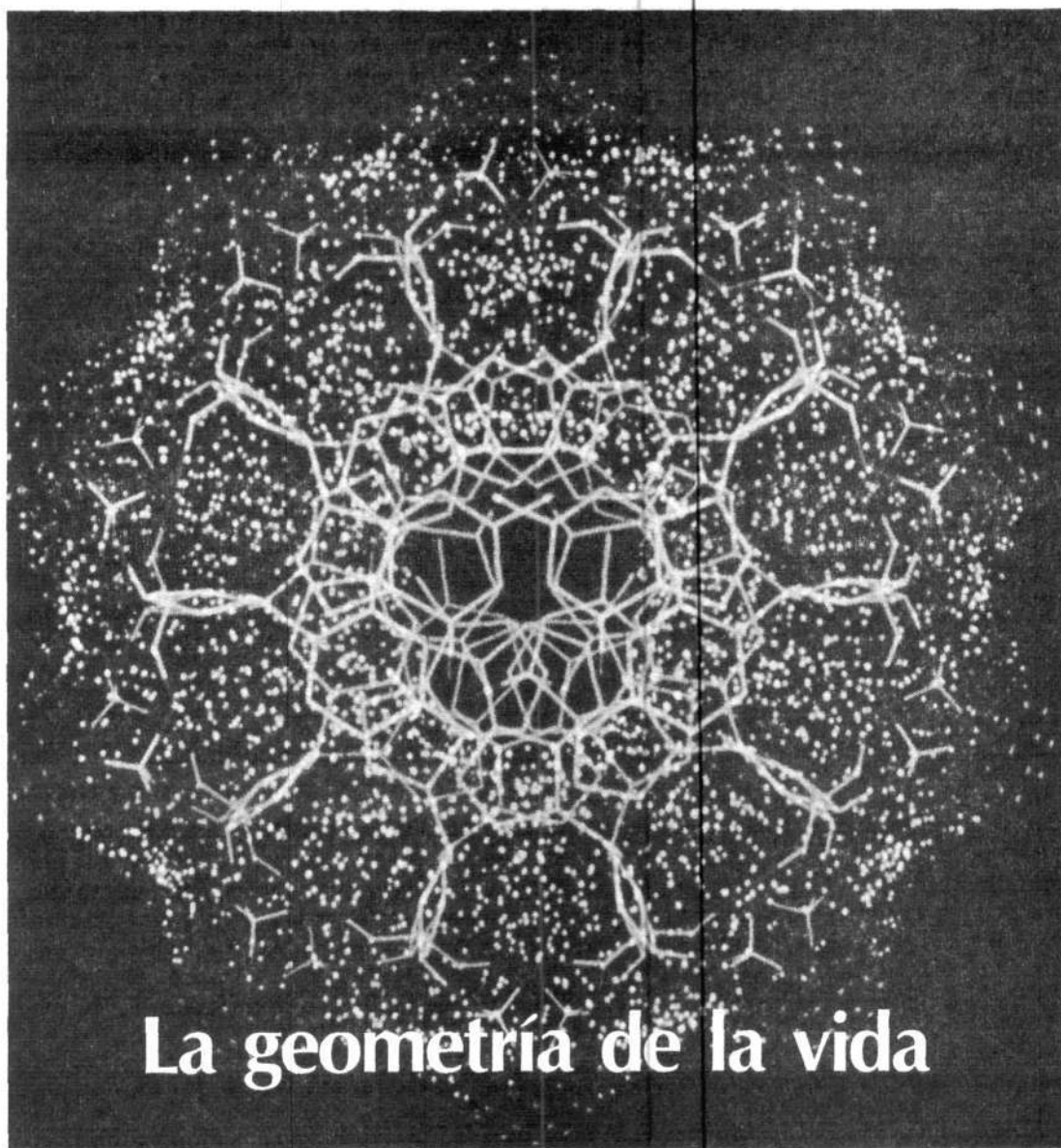
El Landsat C, de la NASA, sometido a pruebas finales en 1978, en los laboratorios de General Electric en Valley Forge, Pensilvania. Este satélite en forma de mariposa tenía un par de cámaras para tomar imágenes en blanco y negro, y un sistema de detección multispectral para registrar de manera continua la radiación infrarroja que se refleja de la Tierra al espacio.

Espectro electromagnético

La luz visible, la que perciben nuestros ojos o impresiona una película fotográfica común y corriente, es apenas una pequeñísima parte del espectro electromagnético. La energía se propaga en ondas de muy diversas longitudes, la mayor parte de ellas invisibles al ojo humano, pero que se pueden captar por medio de instrumentos como las cámaras de los satélites Landsat. En ambos extremos del espectro electromagnético hay tipos de radiación que dan informa-

ción valiosa sobre la vida vegetal, el agua, el movimiento del calor y muchas otras cosas. La "luz" de ondas más cortas que la luz visible se llama ultravioleta (porque queda más allá de la parte violeta del espectro visible), y la de ondas más largas infrarroja (porque queda por debajo de la parte roja del espectro visible). Más allá del infrarrojo, están las microondas y las ondas de radio; más allá del ultravioleta, están los rayos equis y otras ondas todavía más energéticas.





La geometría de la vida

por el doctor Ned Rosinsky

El recurso experimental más poderoso con que cuenta la biología moderna es el estudio de los espectros, es decir, de las pautas que siguen las sustancias biológicas al absorber y emitir luz y otras frecuencias de radiación electromagnética. Supuestamente, la absorción y la emisión ocurren por resonancia; por lo tanto, el espectro es un indicador de las frecuencias específicas a las que un proceso biológico o de otro tipo puede resonar. A su vez, estas frecuencias de resonancia definen los modos de trabajo de los que un proceso es capaz.

Existe la creencia de que la "frecuencia" es una especie de movimiento oscilatorio de vaivén, cuando en realidad este movimiento tiene siempre un carácter rotacional y la capacidad de realizar trabajo, o sea, producir transforma-

ciones útiles (figura 1). Estas transformaciones o *funciones de trabajo* son la clave de los procesos biológicos y de nuestra capacidad de cambiarlos cuando tienen efectos dañinos, como el crecimiento de tejido maligno.

La amplia gama de las frecuencias electromagnéticas—desde las ondas de radio de baja frecuencia hasta los rayos gamma de frecuencia muy alta—actúa sobre una gran variedad de fenómenos. En el curso de este siglo, los químicos y físicos de orientación reduccionista han utilizado la información reunida con ciertas variantes de esta técnica (cristalografía con rayos X, por ejemplo) para producir los modelos de biología molecular que se aceptan actualmente, entre ellos el de la doble hélice del ADN. Lo que ha resultado es un campo de la ciencia, la biología molecular,

que pretende explicar la biología como una versión glorificada de la química y la física.

Esta concepción reduccionista tiene una debilidad fundamental, que salta a la vista cuando se trata de la evolución: considera a la evolución biológica, incluyendo la del hombre, como un suceso estadístico azaroso. Puesto que sabemos que eso no puede ser cierto, ese absurdo derriba toda la armazón de la biología molecular.

Varios estudios recientes de zonas nuevas del espectro electromagnético, con sustancias como el ADN y la clorofila, han abierto posibilidades más prometedoras, cimentadas en la idea de que la biología o mejor dicho, la vida, consiste fundamentalmente de procesos de cambio o transformación y de que, entre dichos cambios, los hay de un género específico que son característicos de la vida. Estos estudios subrayan en particular la idea del *trabajo biológico*, o sea, las transformaciones útiles.

Estos estudios son únicos porque examinan entidades biológicas que usan una zona del espectro a la que, en cierto sentido, no se había prestado atención; a saber, la zona comprendida entre las ondas de radio y las microondas. Es comprensible que estos hallazgos sean novedosos. En primer lugar, hasta hace muy poco era extremadamente difícil realizar parte del trabajo, por razones técnicas. En segundo lugar, para interpretar la información se requieren criterios diametralmente opuestos a los conceptos tradicionales de la química, que den mayor importancia a la actividad ordenada en amplia escala en vez de dividir la acción en componentes independientes cada vez más pequeños.

Las frecuencias de radio y de las microondas se prestan para estudiar estos fenómenos biológicos porque las frecuencias más bajas corresponden a cuantos—las unidades de trabajo potencial características de los campos electromagnéticos que intervienen en la actividad ordenada en

amplia escala del ADN, las proteínas, el agua, etc—menores. (La división más pequeña de energía electromagnética se llama cuanto y su magnitud es proporcional a la frecuencia; por ende, las frecuencias bajas corresponden a los cuantos más pequeños.)

La idea que se tiene en la actualidad sobre el efecto de estas frecuencias es en sí interesante. La teoría actual relaciona algunas bandas de absorción de microondas con acciones como cambios de rotación en las moléculas e inversión de la polaridad de algunas sustancias disimétricas, como los compuestos nitrogenados que contienen tres grupos diferentes. Las radioondas se ligan a cambios en la rotación de los núcleos y electrones y los efectos consecuentes en el campo magnético. Lo que despierta más controversia en los estudios de esta parte del espectro son los resultados de aplicar láseres (láseres o máseres de microondas) y radioondas pulsátiles, así como la observación de que las frecuencias emitidas parecen ser muy superiores a las absorbidas.

Estas últimas técnicas echan a andar efectos nuevos y de mayor coherencia, que ponen en entredicho el dogma reduccionista de la bioquímica y apuntan hacia el nuevo modo de abordar las cosas que bosquejamos aquí. Estas varias áreas de trabajo constituyen lo que se denomina *espectroscopía alineal*, debido a la naturaleza sumamente ordenada de los efectos que los datos dan a entender.

El objetivo último de nuestro método es definir lo que hace única a la vida, lo que la hace cualitativamente diferente de la química y la física. Una vez que hayamos logrado esto, estaremos en mejores condiciones de perfeccionar nuestro entendimiento de una multitud de cuestiones biológicas, entre ellas los problemas del cáncer y el envejecimiento de los tejidos.

Los experimentos con ondas de radio y microondas

Los efectos ordenados de las microondas en el tejido biológico se empezaron a estudiar en forma intensa a principios de los setentas, con el perfeccionamiento de los láseres de microondas.

El hallazgo cardinal de esos años fue que la aplicación de láseres de microondas por lapsos de entre algunos segundos a varias horas, a muy baja intensidad (unos milivatios por centímetro cuadrado), provoca cambios en el funcionamiento de los organismos vivos, como el aumento de la actividad de ciertas enzimas o el aumento del ritmo de división celular de bacterias y levaduras. Todos estos efectos ocurren sin variaciones mensurables de la temperatura, ya que la radiación es extremadamente débil.

Otro hallazgo fascinante fue que, en cada caso, si la potencia que se aplica no alcanza cierto mínimo, no habrá respuesta mensurable. Tan pronto como la potencia alcanza ese punto, el efecto ocurre; pero aumentar la potencia no aumenta el efecto. Ese hecho, así como la poca energía requerida, indican que ocurre una especie de transición de fase y no un cambio cuantitativo más o menos continuo.

Además, en casi todos los casos donde se presenta esa clase de respuesta, ésta viene sólo cuando la energía se alimenta a una frecuencia muy específica, lo cual hace suponer que hay alguna suerte de absorción selectiva de la onda, por resonancia. La idea de resonancia implica que

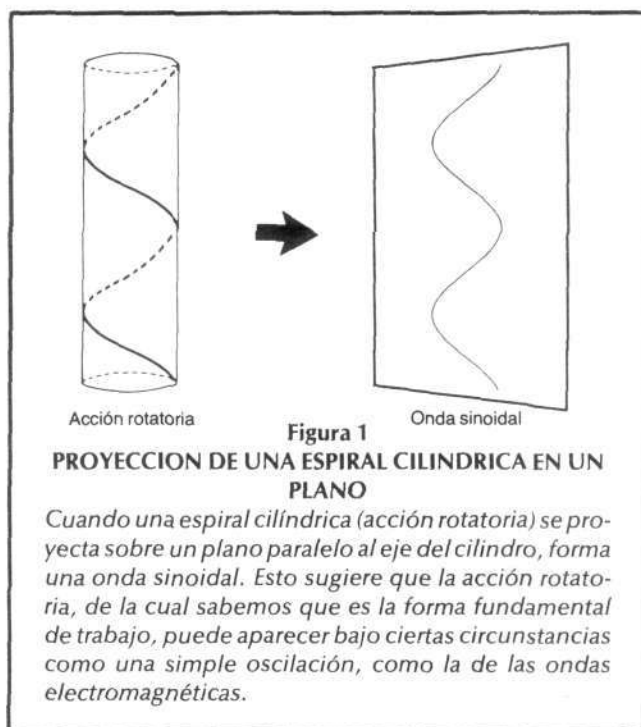
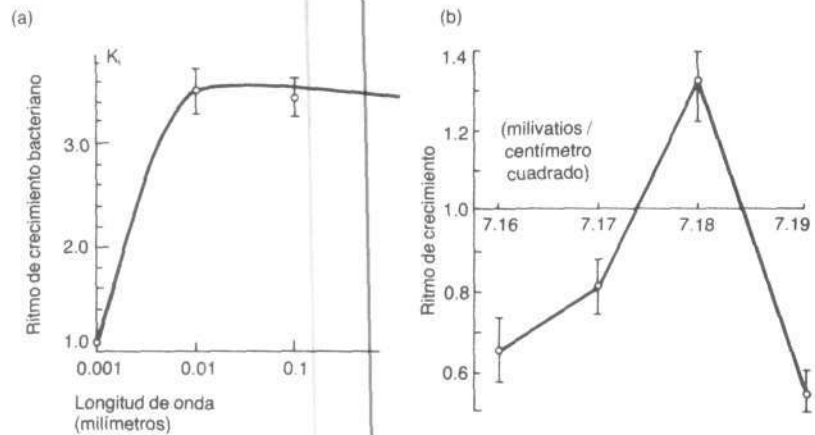


Figura 2
EFFECTO DE LOS LASERES DE
MICROONDAS EN EL RITMO DE
CRECIMIENTO BACTERIANO

El ritmo del crecimiento bacteriano no se altera con los láseres de microondas sino hasta que la potencia alcanza cierto mínimo; en ese punto, el ritmo aumenta en forma gradual, y no sigue aumentando al incrementar la potencia (a). En el momento crítico, la potencia es inferior a la cantidad requerida para calentar de modo perceptible a la bacteria. En (b), la frecuencia de la microonda se altera y la aceleración en el ritmo de crecimiento ocurre sólo en un rango muy reducido de frecuencias, dando a entender que para que el efecto se produzca, tiene que haber absorción resonante de la onda.



Fuente: A.Z. Smolyanskaya y R.L. Vilenskaya: "Effects of Millimeter-band Electromagnetic Radiation on the Functional Activity of Certain Genetic Elements of Bacterial Cells", Sov. Phys.-Usp., Vol. 16 No. 4 (1974), p. 571; N.D. Devyatkov, "Influence of Millimeter-band Electromagnetic Radiation on Biological Objects", Sov. Phys., Vol. 16, No. 4), p. 568.

una geometría específica participa en la absorción de una frecuencia específica y, también, que la geometría cambia de alguna forma como resultado de la absorción (figura 2).

Los adelantos en esta investigación fueron a la par con el interés por usar ondas de radio pulsátiles para estudiar la estructura del agua, trabajo que venía avanzando lentamente desde principios de los cincuentas, con la técnica conocida como resonancia magnética nuclear. El uso habitual de ondas de radio para hacer diagnosis en química orgánica entraña mediciones muy finas de frecuencia en emisiones continuas. Según la teoría en uso, las absorciones y las emisiones se correlacionan con el espín magnético de las moléculas.

Sin embargo, las ondas de radio también se emplean en forma pulsátil. En este procedimiento, el material de prueba se coloca en un campo magnético constante de gran intensidad, el cual, según la teoría, alinea los protones del hidrógeno del agua y de otras sustancias. Luego, se aplica un segundo campo magnético que oscila en una amplia banda de radiofrecuencias. La absorción y, en particular, el tiempo de reemisión de este segundo campo guardan relación estrecha con el grado de periodicidad de los protones de hidrógeno (cuán regularmente están dispuestos en algún tipo de espacio).

En el hielo, por ejemplo, donde la estructura cristalina es sumamente regular, la reemisión ocurre muy pronto, en tanto que en el agua es más lenta; en el vapor, que es más amorfo, es todavía más lenta. Ya que la reemisión depende de la periodicidad de la substancia en un amplio espacio, es de suponer que la reemisión es fruto de algún tipo de actividad ordenada. El hallazgo más interesante es que la resonancia magnética nuclear del agua en las células vivas —el agua del citoplasma— indica mayor estructuración o periodicidad que lo que podría esperarse, y, según las mediciones obtenidas mediante resonancia magnética nuclear, el agua del tejido canceroso está menos organizada que la del tejido normal (figura 3).

Esos dos claros indicios de que existe un ordenamiento

geométrico superior en los tejidos vivos abrieron paso a un tercer descubrimiento: que ciertas sustancias biológicas, como la clorofila y probablemente el ADN, pueden absorber microondas a determinadas frecuencias y luego reemitirlas a frecuencias más altas. A continuación exploraremos la importancia de este hallazgo desde el punto de vista geométrico, como señal de "trabajo" biológico básico. La técnica empleada en estos experimentos se ilustra en la figura 4.

Apenas un puñado de investigadores trabaja en los efectos ordenados de las radioondas y las microondas antes mencionados; los modelos que usan para explicar estos efectos provienen generalmente de la física del estado sólido. Por ejemplo, Earl Prohovsky, experto en la materia que trabaja en la Purdue University, tomó el modelo de la doble hélice del ADN y consideró todas las maneras posibles en las que podría "resonar" como respuesta a la aplicación de energía.¹ Dado el modelo tan complicado que usó, las formas en que puede vibrar son muchas y sus interacciones sorprendentemente intrincadas (figura 5). Sin embargo, en el supuesto de que hay una coherencia sostenida y siguiendo la evolución de las interacciones con ayuda de computadoras, Prohovsky pudo predecir con precisión las principales frecuencias de absorción del ADN en la banda de microondas (figura 6).

Para mejorar la precisión de su modelo, Prohovsky viene incorporando con buen éxito los efectos del agua que rodea al ADN. Los experimentos de Mays Swicord, del Bureau of Radiological Health, en Rockland, Maryland, confirman también muchas de las predicciones teóricas.² Prohovsky predijo, además, que la acción ordenada sostenida que está diseñando, determina los principales cambios que presenta el ADN durante la producción del ARN para la síntesis de proteína, así como para su propia reproducción por división celular (Figura 7).

Aunque a Prohovsky le ha ido bien con los modelos de la física del estado sólido, todavía hay lagunas en las predicciones y no ha podido explicar por qué aumentan tanto las

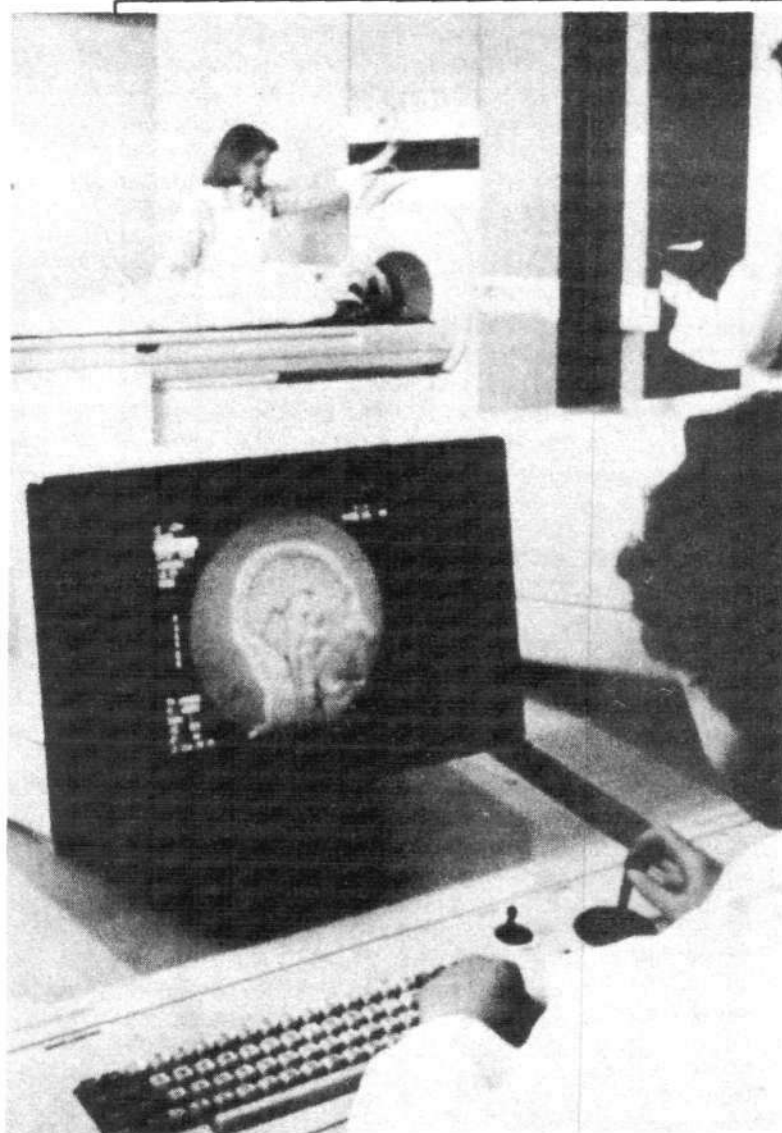


Figura 3

RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR

El corte sagital del cerebro tomado con el explorador de resonancia magnética nuclear que vemos en la pantalla sólo puede obtenerse con esta técnica. Atrás vemos un explorador de resonancia magnética nuclear. Observe el máximo detalle posible con esta técnica, especialmente los detalles de los tejidos blandos que generalmente son invisibles con los rayos X normales.

REEMISION DE LA FRECUENCIA DE RADIOONDA EN EL TEJIDO DE LA GLÁNDULA MAMARIA

Tejido en varios ejemplos	T ₁ (seg)
Agua pura	3.1
Tumor (5)	0.920 = 0.047
Nódulo (5)	0.05 = 0.21
Glándula mamaria en embarazo (5)	0.380 = 0.041

Fuente: C.F. Hazlewood y colaboradores, "Distinction Between the Preneoplastic and Neoplastic State of Murine Mammary Glands", Proc. Nat. Acad. Sci., Vol. 69:6 (Junio 1972) pp. 1478-1480.

Las cifras corresponden a los tiempos de reemisión de un impulso de energía en las bandas de radiofrecuencia en el tejido de la glándula mamaria y el agua. Todas las muestras se colocan en un campo magnético intenso constante. A continuación se coloca un segundo campo magnético alternado en la banda de radioondas. Se absorbe la energía para luego reemitirla. El tejido glandular mamario en el embarazo normal reemite con mayor rapidez que un nódulo premaligno, el cual a su vez lo hace más rápido que el cáncer, y éste a su vez más rápido que el agua pura. Usando estas diferencias en los estados del agua, los investigadores de resonancia magnética nuclear pueden descubrir un cáncer localizado profundamente en el cuerpo.

frecuencias emitidas. James Frazer, del Medical Center de Houston, Texas, descubrió originalmente (1969) ese aumento de frecuencia en la clorofila, pero al venirse abajo el programa de la NASA, su investigación se ahogó en la reducción general del presupuesto. Frazer siguió de cerca el trabajo de Prohofsky, y en la actualidad trabaja en lo mismo, con ADN.³

Diagnóstico y tratamiento del cáncer

Frazer es también uno de los pioneros de la espectroscopía por resonancia magnética nuclear, aplicada principalmente al estudio del estado del agua como instrumento diagnóstico para entender procesos patológicos como el cáncer. El explorador de resonancia magnética nuclear, con ayuda de una computadora para reconstruir la imagen, permite localizar un cáncer profundamente implantado en el cuerpo, con mayor precisión que la tomografía computa-

rizada y, desde luego, que los rayos X. El cáncer se hace evidente por el cambio en el estado del agua y por otras condiciones metabólicas ausentes en el tejido normal.

Una vez descubierto el cáncer, se puede aumentar la potencia de la máquina de resonancia magnética nuclear para elevar la temperatura del tumor y matarlo. Se utilizan temperaturas de hasta unos 48° centígrados (en algunos cánceres se emplean otras frecuencias, y, a veces, también se aplica ultrasonido). Frazer comenzó a usar esta técnica, denominada *hipertermia*, en enero de 1984. La aplicó en más de 130 animales, y logró destruir el ciento por ciento del tumor; hasta la fecha ninguno ha recidivado.³ En ese mismo lapso, Frazer trató también un gran número de enfermos en los que no había dado resultado ninguno de los tratamientos actuales (quimioterapia, radiación y cirugía), logrando que el tumor redujera en más del 60 por ciento de los casos.

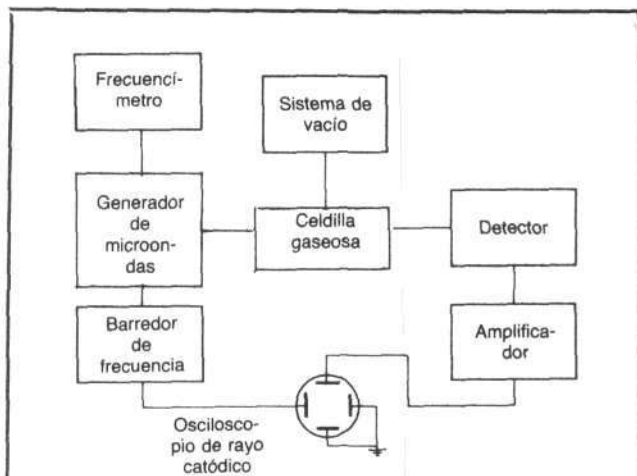


Figura 4

ESPECTROMETRO DE MICROONDAS

Diagrama de un aparato simple empleado para medir microondas. Las microondas se transmiten por un generador al recipiente con la muestra, en este caso un gas a baja presión, para medir las transiciones de inversión. Un detector de cristal recoge las microondas, su señal se amplifica con un amplificador de banda. Un osciloscopio de rayo catódico registra los resultados. Si hay transiciones de rotación o de inversión en la región del barredor de frecuencia, el nivel de la señal del detector baja y las líneas del espectro aparecen en el osciloscopio.

El tratamiento con calor puede también incrementar 30 veces el efecto de la quimioterapia. "Si se quiere erradicar el cáncer, ésta es una de las vías", apuntó Frazer hace poco. Dado que el cáncer absorbe radioondas y microondas de manera diferente que el tejido normal, Frazer trata de en-

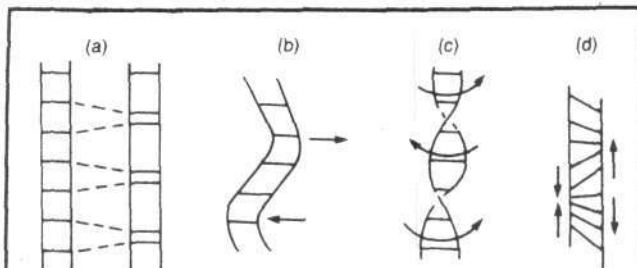


Figura 5

MODELO OSCILATORIO DEL ADN MOLECULAR

El ADN de doble hélice se presenta en este modelo simple como una escalera flexible o una especie de "resorte en espiral" con muchísimas vueltas con las distorsiones recurrentes concebibles. Se muestran varios modos de distorsión: (a) modo longitudinal, (b) modo transversal, (c) modo de torsión, y (d) modo óptico, en el cual los dos ejes se mueven en direcciones opuestas.

Fuente: E. Prohofsky, Biopolymers, Vol. 20, (Nueva York: John Wiley and Sons, 1981), p. 833.

contrar frecuencias que afecten sólo al cáncer y reducir así el posible daño al tejido normal durante el tratamiento.

Además de los impresionantes efectos que la hipertermia tiene directamente sobre el tumor, Frazer descubrió que después de destruir una gran masa del tumor, a veces también tienden a disminuir otros tumores metastásicos, localizados en partes distantes del cuerpo, que no fueron tratados directamente. Supone Frazer que el aparato inmunológico —del que se sabe que se ve afectado por el cáncer— mejora al eliminarse la masa principal del tumor y se encuentra en mejores condiciones de combatir el resto del cáncer. Actualmente se miden las respuestas del aparato inmunológico a la destrucción de un tumor grande para verificar su hipótesis. Frazer cree, además, que el tratamiento hipertérmico no daña directamente al aparato inmunológico, lo cual contrasta con los efectos perjudiciales que, por la mayor parte, tienen la quimioterapia y la radioterapia.

Análisis geométrico de los hallazgos

Aunque Prohofsky y Frazer han hecho aportes sobresalientes en sus áreas respectivas, la idea de usar la física del estado sólido para simular los procesos vivos no es mejor, en el fondo, que los simples conceptos estadísticos de la química. Terminamos con un modelo que se parece a esos resortes de juguete (que consisten en osciladores acoplados o en interacción), cuyas varias contorsiones carecen del aspecto del desarrollo cualitativo en el que sabemos debe sustentarse la vida.

Hace falta un punto de vista completamente nuevo, a partir del cual podamos elaborar hipótesis. Así lo exige el caudal de hallazgos de la resonancia biológica, que encierran tanto interés en cuanto a la posibilidad de salvar vidas.

El análisis que bosquejamos aquí se guía por una rigurosa concepción geométrica de la idea de trabajo en general, enriquecida luego por las consideraciones geométricas pe-

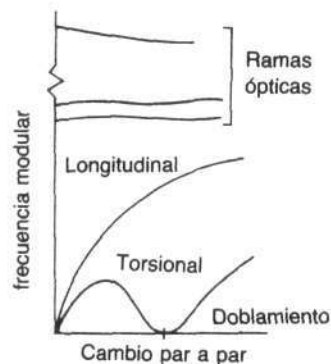
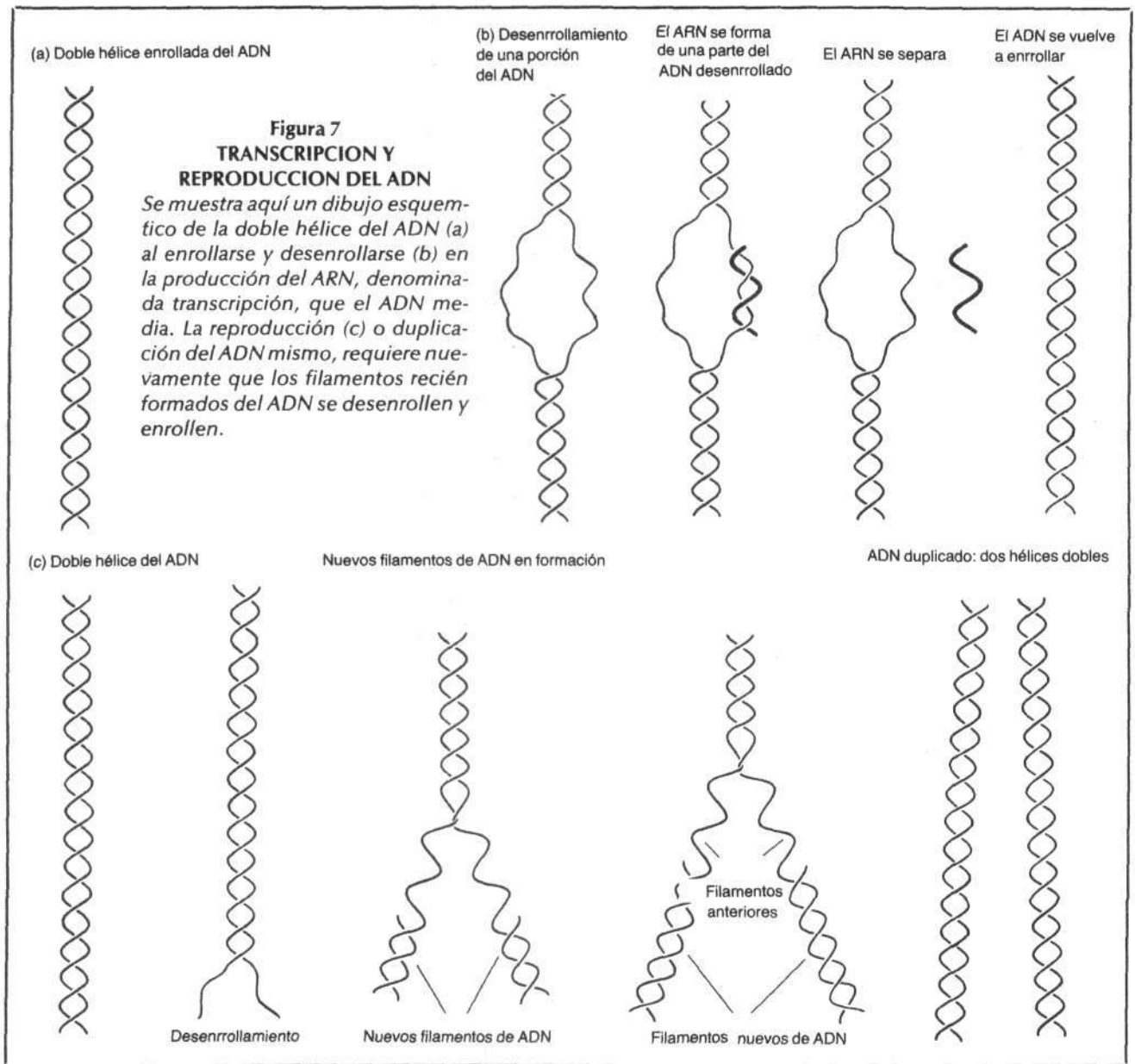


Figura 6

ESPECTRO DE MICROONDA DEL ADN

Los modos de microonda están relacionados con el grado de rotación del ADN de subunidad a subunidad (los "peldaños" en la escalera de la Figura 5). El gran número de modos prueba la complejidad del espectro en conjunto.

Fuente: E. Prohofsky, Biopolymers, Vol. 20 (Nueva York: John Wiley and Sons, 1981), p. 833.



culares de la vida. Para comprender la información obtenida en los experimentos de resonancia, los científicos deben aplicar esta idea en sus respectivos campos de investigación, aunque los elementos específicos varíen según el sujeto de experimentación.

Comencemos con la noción rigurosa de "trabajo", como base de toda acción, biológica o de otra índole. Partamos de la idea de que la forma de acción más simple es la rotación y que el trabajo es un cambio en la velocidad o frecuencia de la rotación.⁴ El elemento geométrico que empleamos para representar esta situación es una espiral sobre un toro; el toro define el mínimo cuanto de acción (sabemos empíricamente que existen los cuantos de acción) como el aumento de una vuelta en la espiral mientras realiza una revolución completa en torno al toro (figura 8a).

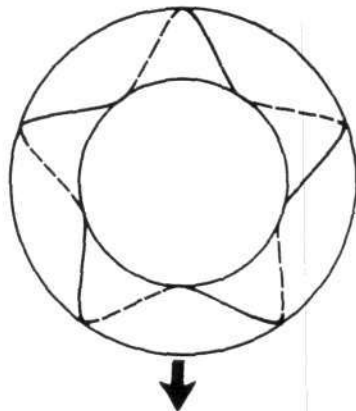
Puesto que gran parte del trabajo de Prohovsky se basa

en el ADN y que la bioquímica actualmente aceptada también gira en torno al ADN, nos concentraremos aquí en él, pero el razonamiento se aplica por igual a otros aspectos del tejido vivo.

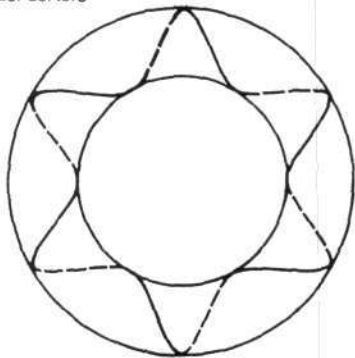
Veamos ahora más de cerca el ADN. En cierto sentido es una doble hélice. ¿Cómo puede esto relacionarse con la idea de una función de trabajo? Como primer paso, suponemos que la doble hélice sea tan sólo la proyección de un toro con una sola hélice, en vista lateral, lo que da la apariencia de una doble hélice (vea la figura 8b). Ello implica que, si el ADN es funcionalmente una doble hélice, los dos filamentos deberán ser funcionalmente antiparalelos, así como son geoméricamente antiparalelos en la figura. De hecho, se sabe que son antiparalelos en orientación, de modo que hay cierta confirmación inicial de esta hipótesis (figura 8c).

(a) Aumento de una vuelta espiral; el mínimo cuanto de acción en un toro

Cinco vueltas de espiral por una revolución alrededor del toro



Seis vueltas de espiral por una revolución alrededor del toro



(b) Proyección de una espiral toroidal sobre un cilindro

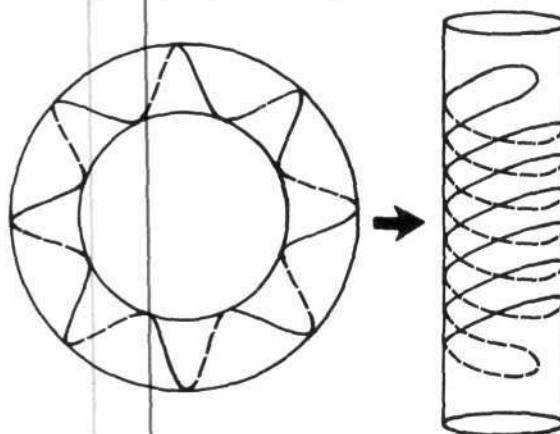


Figura 8

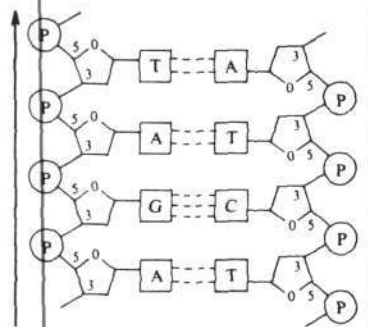
CONFIGURACIONES TOROIDALES Y LA DOBLE HELICE DEL ADN

La acción circular se ilustra aquí como una espiral que envuelve un toro (a). El mínimo aumento de acción circular es la suma de una rotación completa de la espiral, en este caso, el cambio de cinco a seis rotaciones por revolución en torno al toro completo.

La proyección de una espiral toroidal en un cilindro produce una doble espiral (b). Nótese que si la acción se propaga alrededor del toro en contrarreloj, entonces esta acción va en sentido ascendente por el lado derecho del toroide, y descendente por el lado izquierdo. La proyección de este movimiento en el cilindro denota movimiento hacia arriba por una de las espirales dobles, y hacia abajo por la otra, de modo que las espirales están en realidad orientadas opuestamente en cuanto al momento.

Detalle de la doble hélice del ADN (c), en el que se muestra que los dos filamentos están dirigidos opuestamente en relación a la orientación de las subunidades del azúcar ribosa, aunque ambos filamentos ven a la derecha.

(c) Detalle de dos filamentos de una doble hélice de ADN



Fuente: J. Josse, y colaboradores, J. Biol. Chem., 236 p. 864 (1961)

Biología y funciones de trabajo

Podemos ahora ver más generalmente la acción biológica. La acción biológica —por ejemplo, el crecimiento— no sólo va ligada al concepto de trabajo como rotación, sino asimismo con la idea del progreso cualitativo. El desarrollo de los organismos vivos adopta el rasgo de la autosemejanza, como cualquier proceso que crece geoméricamente. La manera más eficiente de representar la idea de rotación con crecimiento autosemejante es la espiral logarítmica cónica (figura 9). El crecimiento de la espiral representa el desarrollo mientras se realiza trabajo. El aspecto autosemejante de esta espiral va unido directamente a la idea de trabajo biológico, ya que los organismos vivos tienen una morfología característicamente autosemejante. Esta sola consideración nos lleva allende el reino inorgánico.

Los procesos vivos son autosemejantes porque el crecimiento biológico procede geoméricamente, en tanto que el crecimiento inorgánico procede aritméticamente, por agregación. Esta distinción debe entenderse en el sentido cualitativo; un cristal inerte puede crecer de modo autosemejante, digamos que se conserva cúbico y se agranda simétricamente, pero cuando el cristal crece no hay cambio cualitativo, sólo simple añadidura. En contraste, en el crecimiento biológico hay aumento general del organismo

como entidad unificada, y en este sentido cualitativo hay autosemejanza. Así, las configuraciones características de la biología son las que se relacionan con la autosemejanza, y, de modo más notable, la espiral logarítmica y la sección áurea.

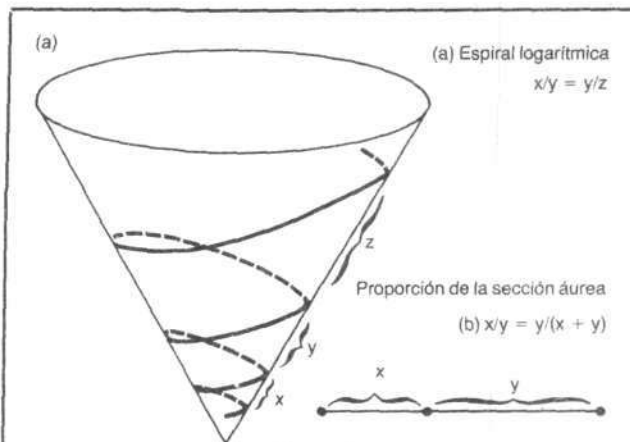


Figura 9

ESPIRAL LOGARÍTMICA SOBRE UN CONO Y LA PROPORCIÓN ÁUREA

La espiral logarítmica (a) es una función autosemejante: Cada vuelta es idéntica a la anterior salvo por un factor proporcional constante de tamaño. Si cada vuelta representa un avance cualitativo en un proceso de desarrollo, entonces la función describe correctamente la dinámica subyacente del crecimiento biológico.

Otra característica geométrica del crecimiento biológico es la sección áurea, es decir, la división en la que la parte menor es a la mayor lo que la mayor es al todo (b). Esta proporción reaparece en la anatomía de los seres vivos por la naturaleza autosemejante del crecimiento biológico; en el ser humano, por ejemplo, la cintura divide la altura del cuerpo en las proporciones de la sección áurea.

En tanto una sola espiral logarítmica en un cono representa una función de trabajo, un cuadro más elaborado es la acción de un proceso de trabajo sobre otro, en el cual una espiral se "desgasta" en el proceso de expandir el trabajo potencial de otra espiral (figura 10). La intersección de este doble cono define la doble acción cónica como la base del trabajo útil.

Si el cono se modifica para convertirse en un cilindro, el diámetro no aumenta cuando la espiral se propaga. Podemos usar el cilindro para indicar la propagación del potencial de trabajo a una velocidad uniforme, sin aumento o disminución de este potencial. Este tipo de función espiral cilíndrica es característico de la propagación de la luz. En la figura 10, una función cilíndrica asume la forma cónica cuando comienza a hacer trabajo. Un segundo cono recibe la acción, aumenta su potencial de trabajo; éste procede entonces a propagar el nuevo potencial a un cilindro mayor que el primero.

Volvamos ahora al ADN y su doble hélice. El ADN tiene una forma espiral aparentemente cilíndrica, pero ¿podría ser que fuera una especie de proyección de una función cónica de trabajo? Para explorar esta hipótesis, veamos en la figura 10 la zona en la que los dos conos se intersecan. En la figura 11 se presenta lo mismo pero agrandado y luego proyectado en un cilindro. Ello sugiere la hipótesis de que la apariencia cilíndrica de la doble espiral del ADN brota de la proyección de esta zona de la función de trabajo espiral doble en un cilindro. La zona cónica doble representa lo que denominamos una singularidad del proceso de transformación.

¿Podemos identificar la doble espiral del ADN con la doble espiral de la función de trabajo de la figura 11? No necesariamente. Puede que no sea tan sencillo. Examinemos con mayor detenimiento el concepto de acción espiral

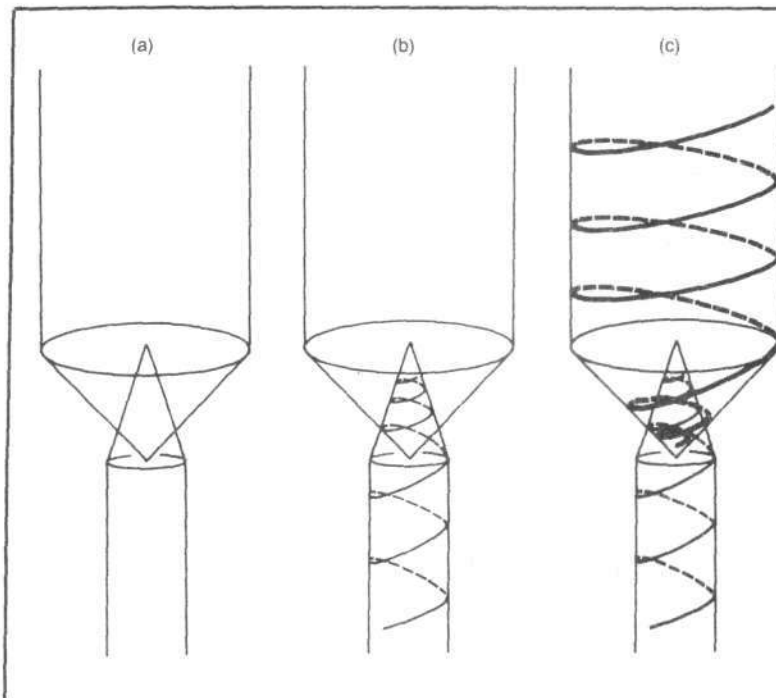


Figura 10

DOBLE FUNCIÓN CÓNICA DE TRABAJO

En (a) se ilustra un cilindro angosto cuyo extremo es un cono. Este se superpone al cono del cilindro más grande. La espiral del cilindro angosto (b) representa una función de propagación de energía, en la cual, no cambia la amplitud de la espiral. Cuando la espiral entra al cono se angosta más, perdiendo su potencial de trabajo. Este cono más angosto se acopla al cono más grande (c), impulsando la producción de la función espiral de trabajo al cono más grande, y éste continúa la propagación en el cilindro de mayor dimensión. En conjunto, hubo un aumento de frecuencia —o densidad de energía— en el proceso. Esta es la forma elemental de trabajo y su representación más simple es la función cónica doble.

doble. Nos enfrentamos a una singularidad, un proceso de transformación cualitativa. Por lo tanto, lo que buscamos es un cambio radical en el principio ordenador de la geometría, no un simple cambio cuantitativo de algún "valor" aislado.

El mejor modelo de este tipo de cambio proviene del trabajo de Bernard Riemann sobre las ondas de choque, que profundizó en la función espiral de trabajo. Riemann demostró de modo riguroso que la propagación de una onda alineal produce un choque después de una distancia finita, semejante a la explosión sónica (figura 12) que se produce por el desplazamiento en el aire de un avión a velocidad supersónica. El aire puede propagar ondas sólo dentro del límite de la velocidad del sonido, pero el avión de propulsión a chorro viaja por el aire a mayor velocidad que la del sonido porque su movimiento se basa en una acción diferente a la de las ondas sonoras; de hecho, se basa en la expansión rápida del gas en combustión dentro de su motor. Así que se trata en realidad de dos velocidades de propagación diferentes que ocurren en lo que podemos denominar dos *submultiplicidades*; las ondas sonoras en el aire y el avión. Si bien estas dos submultiplicidades tienen diferentes velocidades máximas de propagación, están vinculadas entre sí o acopladas, de modo que una de ellas, la del avión, puede conducir o empujar a la otra, las ondas de aire, a su velocidad máxima y más allá de la misma.

En ese momento es cuando ocurre el choque, como se ve en la figura 12. Ello crea una discontinuidad en la presión y en realidad cambia la calidad del aire en el frente de choque. En vista de que ninguna de las dos submultiplicidades puede propagar el potencial de trabajo con rapidez infinita, decimos que el potencial se *retarda* a medida que

se propaga, de ahí que haya un grado de *potencial retardado* asociado a cada submultiplicidad. El retardo del potencial de propagación indica que se requiere cierta cantidad de tiempo para organizar el medio a fin de permitir que la propagación ocurra. Esta diferencia en el potencial retardado permite que una submultiplicidad lleve a la otra a su límite, lo que crea la singularidad.

El ligar la noción de una doble espiral con el proceso de generar una singularidad sugiere que cada espiral en la figura (no necesariamente en el ADN) es en cierto sentido una función de trabajo con diferente grado de potencial

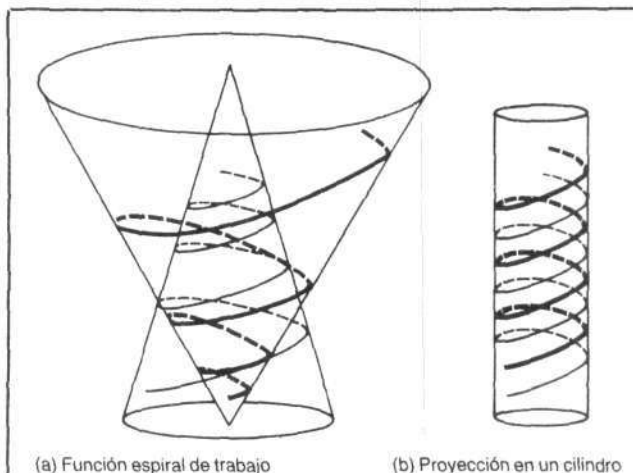


Figura 11

PROYECCION DEL CONO DOBLE EN UN CILINDRO

Aquí se ilustra la intersección ampliada de los conos de la Figura 10 (a). Esta geometría cónica doble se proyecta a continuación sobre un cilindro (b), creándose una espiral cilíndrica doble, sugestiva de la geometría del ADN. Aunque las espirales se proyectan desde conos cuya orientación es opuesta, ambos van a la derecha.

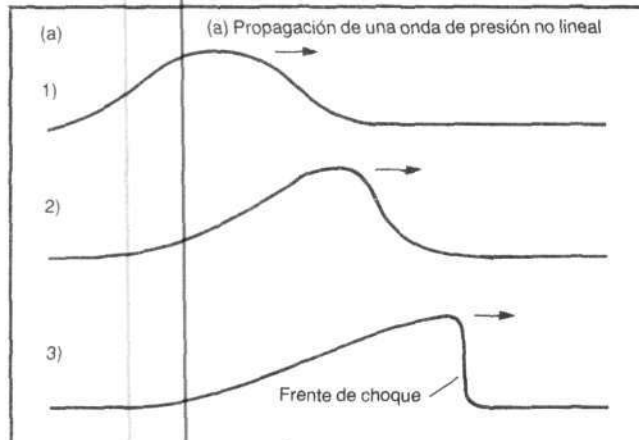
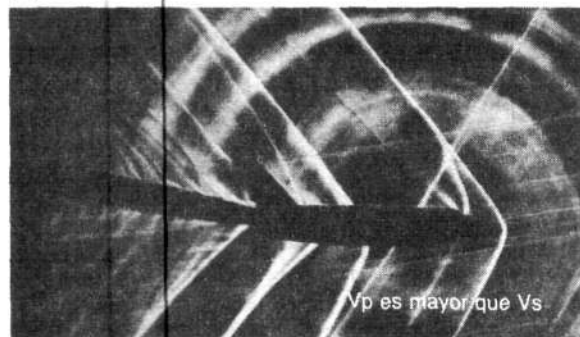


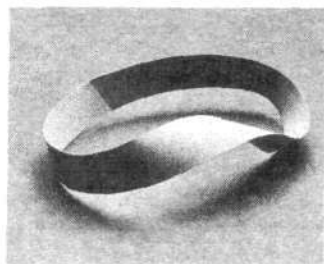
Figura 12
ONDAS DE CHOQUE

Progresión de la forma de la onda no lineal de presión a medida que se desplaza (a). Se le denomina no lineal porque el área de presión más alta se desplaza hacia adelante con mayor rapidez que el área de presión más baja. Tiene la tendencia a encorvarse hacia adelante de modo parecido a como lo hace la ola de mar que comienza a romper en la playa. Sin embargo, en este caso, la onda forma un frente anguloso que tiene un efecto de "choque" al dar contra un obstáculo.

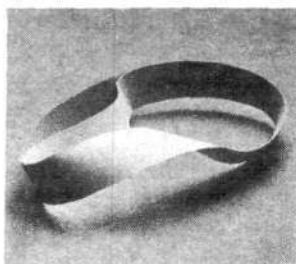
En (b) se ilustra la formación de la onda de explosión sónica en el frente de un avión de propulsión que viaja a velocidad supersónica. El avión de propulsión, por viajar más rápido que la velocidad del sonido, "acumula" el aire en su frente, creando una situación de presión semejante a la del choque en (a).

(b) Formación de la onda de choque de la explosión sónica

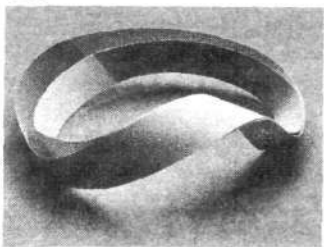




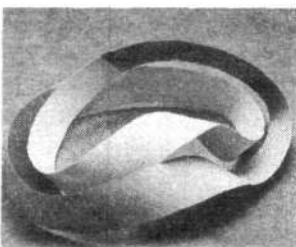
(a) Banda de Moebius: un lado continuo



(b) La separación comienza aquí



(c) El interior de la banda al momento de separarse del exterior



(d) La banda pelada sigue siendo una sola, pero ya no conserva la característica de la de Moebius

Figura 13

SEPARACION DE LA BANDA DE MOEBIUS

La banda de Moebius es un asa de listón o papel que tiene una media vuelta antes de cerrarse. Los dos lados originales o superficies (las superficies anterior y posterior del listón) quedan conectados de tal modo que sólo hay un "lado" continuo en la banda, como se puede ver en (a). La manera de verificarlo es seguir uno de los lados de la banda. Tras completar una revolución a su alrededor, se llega al otro lado

Si la banda de Moebius se pela, formando dos capas (c), la figura resultante no son dos bandas, sino una. Sin embargo, como se ilustra en (d), la nueva banda tiene dos medias vueltas (o una vuelta completa en conjunto). Por lo tanto, uno de los lados no está conectado con el otro como estaba antes y la banda ya no es típica de Moebius. Esto demuestra que una vuelta adicional en un asa cerrada puede resultar del cambio topológico de separar el exterior del interior.

retardado; de hecho, la diferencia en los potenciales retardados es lo que genera la posibilidad de que una onda de choque sea la unidad mínima de trabajo cualitativo.

Veamos nuevamente el ADN con esta idea y observemos ciertos aspectos notables. En la búsqueda de submultiplicidades del ADN con diferentes velocidades de propagación en su potencial de trabajo, hay que ver primero la distinción topológica más simple de un cilindro: hay una parte exterior y una parte interior. Por lo tanto, desde el punto de vista topológico (con topológico calificamos las cualidades geométricas que no tienen que ver con medidas), la acción cualitativa más simple para el cilindro consiste en separar de alguna manera la parte exterior de la interior. Así que comenzamos por buscar pruebas de que el potencial de trabajo se desplaza a velocidades distintas en el exterior y en el interior del ADN, donde el resultado de tales diferencias de propagación sería, de alguna manera, la apertura del cilindro.

El ADN 'sin pelar'

A medida que tenemos una idea más clara de lo que buscamos, desde un punto de vista metodológico riguroso, podemos abarcar una información más rica. Las características del potencial de propagación en el exterior del ADN son, efectivamente, muy diferentes a las de su interior.

El exterior está eléctricamente muy polarizado. Contiene, a tramos regulares, grupos fosfato de carga negativa asociados con agua, iones metálicos divalentes de carga positiva, como calcio y zinc, y muchas proteínas de carga múltiple, así como potasio, sodio y otros iones. De la condición física real se entiende muy poco, pero lo que sí es seguro es que no se puede interpretar con las ideas comunes de la química, en particular esa idea de la química del agua que la presenta como moléculas separadas. Cualquiera que sea la forma de la acción en esta submultiplicidad,

su velocidad general de propagación del potencial de trabajo difiere significativamente de la parte central del ADN.

El centro se forma mayormente de anillos policíclicos de purina y pirimidina, los cuales están en gran medida mucho menos polarizados que el exterior del cilindro. La diferencia en el grado de polarización da como resultado una diferencia en las velocidades de propagación del potencial. Prohofksy predijo que esta diferencia de velocidad de propagación puede originar la separación de los dos filamentos del ADN, o sea, la apertura del cilindro. En cierto sentido, el ADN sí se abre y se separa como parte de la función de la célula en la transcripción del ARN para sintetizar proteína, así como para copiar el ADN en la división celular (figura 7). Para que la doble hélice se abra y se cierre es necesario que se desenrolle y se vuelva a enrollar, como en la figura 7, lo cual nos recuerda el cambio en el número de ciclos al que hicimos referencia antes como el sello distintivo del trabajo.

¿Cómo se relaciona la idea de separar el interior del exterior con generar aumento en la frecuencia? En un primer tanteo, el cambio topológico sugiere una banda de Moebius cuyo exterior es continuo con su interior; la separación de estos lados, que se logra separando la cinta en dos capas, genera vueltas adicionales en la banda (Figura 13).

Este razonamiento nos obliga a concentrar la atención en el período real de rotación del ADN, la cantidad de ADN contenida en una revolución completa (360°) de una de las hélices, la unidad de "longitud de onda" del ADN. Para comenzar, podemos valernos de las dimensiones completas de la unidad de rotación del ADN. Como se ilustra en la figura 14, una vuelta mide 34 angstroms de largo (medida en la dirección del eje central), y el ancho de la doble hélice es de 20 angstroms, redondeado al angstrom más próximo (1 angstrom es una diezmilmillonésima de metro). La proporción que guardan la longitud y el ancho es igual a la

Figura 14
TAMAÑO DE UNA VUELTA DEL ADN

Una vuelta de 360° en el ADN mide 34 angstroms en dirección del eje. El ancho de la molécula es 20 angstroms, en números redondos. Estas medidas, 34:20 tienen la proporción de la sección áurea, dentro de los límites de precisión de estas medidas.

Fuente: W. Fuller y colaboradores, Progress in Biophysics (Nueva York: W. A. Benjamin, Inc., 1969), p. 122.

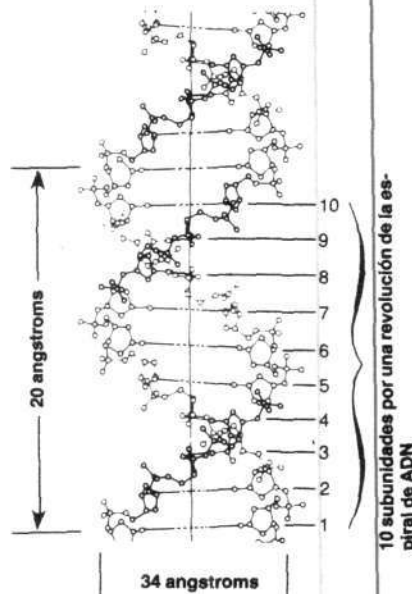
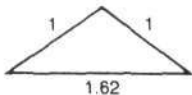


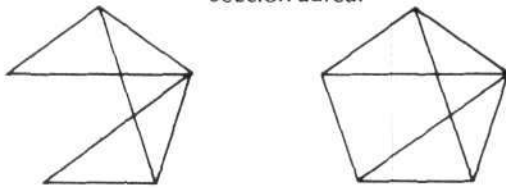
Figura 16
SUBUNIDADES PERIODICAS DEL ADN

Cada filamento de ADN contiene subunidades periódicamente recurrentes de fosfato y azúcar. En la espiral del ADN hay 10 de tales grupos fosfato-azúcar por cada revolución completa de 360° . Por lo tanto, la cantidad de rotación de cada una de estas subunidades alrededor del cilindro de ADN es de 360° divididos entre 10, ó 36° . Esta es exactamente la mitad de la rotación del pentágono, lo cual denota una estrecha relación de la subunidad del ADN con la sección áurea.

Figura 15
RELACION DE LA SECCION AUREA EN EL PENTAGONO



El pentágono está estrechamente relacionado con la sección áurea, y aquí se muestra un ejemplo de dicha relación: Partiendo de un triángulo de lados 1,1, y la sección áurea (aproximadamente 1.62), se pueden agregar triángulos idénticos con sólo sobreponer los lados y los vértices, como se ilustra, hasta formar el pentágono resultante. De modo que un pentágono con lados iguales a 1 tendrá diagonales iguales a la sección áurea.



sección áurea, dentro del margen de error estipulado. La porción del ADN contenida en una revolución de la doble hélice puede concebirse como un "cilindro áureo", parecido al rectángulo áureo, cuyos lados guardan la proporción áurea.

La presencia de la sección áurea nos insta a buscar otros ejemplos de esta proporción, presente en los procesos autosemejantes en general. La forma pentagonal, por ejemplo, la encontramos como rasgo distintivo sólo en procesos vivientes, probablemente por su estrecha relación con la

sección áurea (figura 15). Volviendo al ADN, observamos que cada una de las hélices contiene grupos fosfato alternados con ribosa (un azúcar de cinco carbonos). El azúcar tiene la forma de pentágono cerrado, y el fósforo se caracteriza también por una geometría pentagonal, en cuanto tiene capacidad, en cierto sentido, para cinco "enlaces químicos" (aunque, insistimos, queremos evitar el uso de los conceptos tradicionales de la química en este campo).

Si tomamos como subunidad la combinación fosfato-ribosa, veremos que, por cada rotación de 360° de la hélice, hay 10 de estas subunidades (figura 16), que forman un decágono, el cual se basa también en la sección áurea, pues contiene el pentágono (véase la fotografía de la portada).

¿Cómo podemos sacar algo claro de esta abundancia aparente de proporciones áureas? Hay muchas hipótesis posibles en cuanto a su significado específico, pero por el momento tocaremos sólo una de ellas. Cada una de las subunidades gira una décima de 360° , ó 36° . Esta cantidad de rotación permite construir un segundo pentágono, ya que va trazando todas las diagonales de un pentágono dado (figura 17). El segundo pentágono rota la mitad de la división circular de un lado del pentágono (36 grados). Si el proceso se repite, el siguiente pentágono rota nuevamente 36 grados, y sus vértices coincidirán con la figura original. Así tenemos que el ángulo de desplazamiento característico de los grupos fosfato en el ADN, que a su vez son en cierto sentido pentagonales (y también los grupos del azúcar), es el ángulo de rotación de los pentágonos al irse creando uno a partir de otro, como se muestra en la figura 17.

Pero ¿y el cambio de tamaño de los pentágonos en esta construcción? En el ADN no vemos tal cambio de tamaño; pero en vez de interpretar aquí el tamaño como una medida lineal, podemos relacionarlo con la función de trabajo y plantear la hipótesis de que el cambio de tamaño indica un

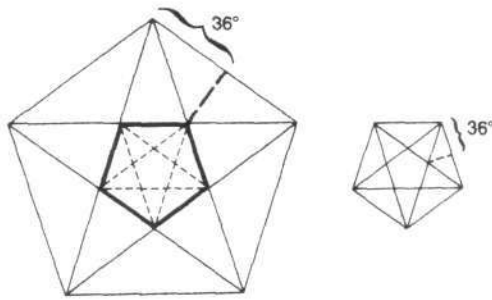


Figura 17
PENTAGONOS A PARTIR DE PENTAGONOS

Si se trazan todas las diagonales de un pentágono, como puede verse en el pentágono grande, su intersección forma otro pentágono (líneas oscuras). Observe que los vértices del nuevo pentágono quedan a la mitad entre los vértices del pentágono mayor. Como éstos distan entre sí 72° , el giro del pentágono menor es de 36° . Si se vuelven a unir los vértices del pentágono menor (líneas punteadas), se crea un nuevo pentágono, rotado también 36° , y ahora se alinea exactamente con la figura del pentágono original.

El acortamiento de los lados del pentágono en cada construcción es igual a un factor al cuadrado de la sección áurea, o aproximadamente 2.62.

cambio de magnitud en el potencial de trabajo. En la figura, cada vez que se construye un nuevo pentágono, la longitud de su lado se multiplica por el cuadrado de la sección áurea, un factor de aproximadamente 2,62. Como hay 10 de estas rotaciones en una rotación del ADN, el cambio en el potencial de trabajo por rotación es 2,62 elevado a la décima potencia (aproximadamente 15.000).

Consideremos ahora la siguiente hipótesis. El ADN desempeñó originalmente las tres funciones —incluyendo la autorreproducción— en tanto despliegues diferentes de la misma función básica de trabajo. Existe información que apoya esta hipótesis. Primero, la temperatura de la Tierra durante los primeros 2.000 millones de años era de más de 70° centígrados, circunstancia que hubiera impedido la actividad de todas las enzimas conocidas, mas no la del ADN, ya que es estable a temperaturas cercanas a los 100° centígrados. Segundo, se sabe que el primo hermano del ADN, el ARN, actúa en un sentido como enzima, en calidad de ARN ribosómico, el cual forma el ribosoma u organelo celular que produce proteínas; y también se sabe que otros ARN funcionan como enzimas. Tercero, la luz solar que incidió los primeros 3.000 millones de años sobre la superficie de la Tierra constaba mayormente de ondas ultravioleta, debido a la falta de oxígeno en la atmósfera y a la consecuente ausencia de la capa protectora de ozono (que ahora tenemos). El ADN absorbe intensamente en la gama ultravioleta, así que es buen candidato a fotorreceptor en los inicios de la vida. Esta teoría tiene que tomar también en cuenta que la luz ultravioleta puede desorganizar al ADN, pero pueda que el ADN dedicado a reproducirse y a la

(a) los cinco poliedros regulares
tetraedro octaedro

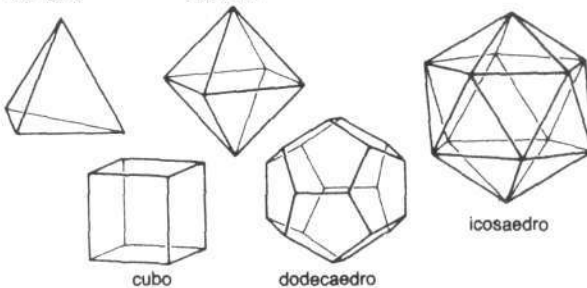
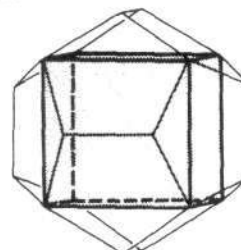


Figura 18
LOS CINCO POLIEDROS REGULARES

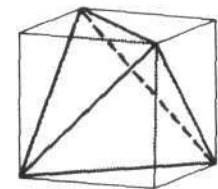
Los cinco poliedros regulares, las figuras tridimensionales cuyas caras son todas el mismo polígono regular (a).

El dodecaedro se puede usar para construir los otros cuatro poliedros (b). Por ser único a este respecto, el dodecaedro es clave en la geometría sintética para abordar la física y la biología.

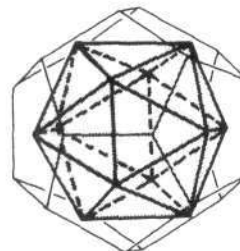
(b) Construcción de los otros cuatro sólidos a partir del dodecaedro



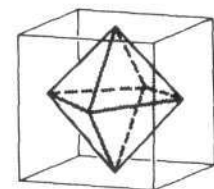
El cubo (se crea trazando una diagonal en la cara pentagonal del dodecaedro)



El tetraedro (se crea al trazar una diagonal que atraviese al cubo)



El icosaedro (se crea al unir los puntos medios de las caras del dodecaedro)



El octaedro (se crea al unir los puntos medios de las caras del cubo)

Figura 19**10 PENTÁGONOS Y EL DODECAEDRO**

Al unir diez pentágonos se obtiene aproximadamente el contorno de una onda sinoidal (a). Esta figura plana se dobla progresivamente con un movimiento rotatorio completo, (b) y (c). Inicialmente, esto produce una aproximación a la espiral tridimensional. Al continuar la rotación, los pentágonos se encuentran entre sí y forman un dodecaedro (d), pero con dos caras faltantes en los lados opuestos. (En la fotografía se puede ver el espacio vacío de una de las caras faltantes en el pentágono; la otra cara que falta es la de la base.) Aunque, en realidad, estas caras se forman con los bordes de los pentágonos adyacentes, quedando así completa la figura.



actividad enzimática estuviera separado del ADN dedicado a captar luz.

Con todo, quizá el principal argumento en favor de que el ADN tuvo una función más comprensiva en los albores de la vida sea lo compacto y sencillo de dicho organismo vivo; si tuviéramos que construir uno, ése sería un modo eficiente de hacerlo. Y no sería de extrañar que encontrásemos ADN en estos varios casos, ya que todos ellos se basan, a fin de cuentas, en idéntica función de trabajo espiral. La actividad enzimática para catalizar reacciones metabólicas generalmente funciona acelerando enormemente la velocidad de las reacciones —un millón de veces o más— y es decisiva para mantener el elevado ritmo de actividad necesario para la vida. Ya que esta actividad es de la índole de la resonancia electromagnética, deberá seguir la misma forma geométrica general que hemos descrito en los otros ejemplos de trabajo.

Esta hipótesis del ADN no intenta excluir la importancia de otros factores, como el agua o las membranas, sino resaltar la importancia mucho mayor del tipo de función de trabajo que hemos explorado para determinar muchos procesos biológicos aparentemente desemejantes.

Geometría y organización tisular

La lucha contra el cáncer y el envejecimiento requiere que amplíemos nuestro planteamiento de función de trabajo para entender mejor la geometría general del tejido funcional. En vista de que el cáncer entraña la pérdida progresiva de especialización o diferenciación del tejido enfermo y de que los cánceres más virulentos tienden a la indiferenciación generalizada, es importante tener primero una comprensión clara de la diferenciación normal y,

desde este ángulo, investigar luego los cambios que se producen en el cáncer.

Al igual que en el caso del ADN, hay que juzgar a los tejidos por sus funciones geométricas de trabajo. Varios tejidos embrionarios apoyan firmemente esta idea, por cuanto la base de su actividad son las proporciones auto-semejantes. Por ejemplo, la forma del enlace nervioso entre el ojo y el cerebro es logarítmica, y se puede demostrar que esta forma auto-semejante se relaciona con la dinámica de la actividad visual, con la actividad del desarrollo embrionario de la vía visual, e incluso con la cuestión de la evolución del sistema visual mismo (figura 20). Asimismo, la conducción del tono del sonido al cerebro es logarítmica. La forma logarítmica de estos fenómenos neuroembriónicos y de hallazgos similares de la embriología de órganos como el corazón y las extremidades (figura 21) son una vía inmediata para rastrear la función espiral de trabajo en el desarrollo animal.

Para confirmar esta hipótesis habría que buscar en el espectro un aumento de frecuencia de unos cuatro órdenes de magnitud. Frazer tiene indicios preliminares de que al alimentar con microondas el ADN se obtiene una descarga ordenada de longitudes de onda infrarrojas, lo cual es, efectivamente, una diferencia de cuatro órdenes de magnitud. Este resultado es paralelo al que obtuvo Frazer en el experimento con clorofila (1969) que ya mencionamos.⁵

Esta hipótesis, basada en una rotación del ADN, implicaría que el mismo aumento se siga presentando a lo largo de toda la molécula, pero como en una sola molécula larga de ADN debe haber millones de rotaciones, ¿cómo se ajustarían a la hipótesis? Nuevamente, la respuesta no debe tomar la geometría tan a la ligera. Cuando hablamos de una

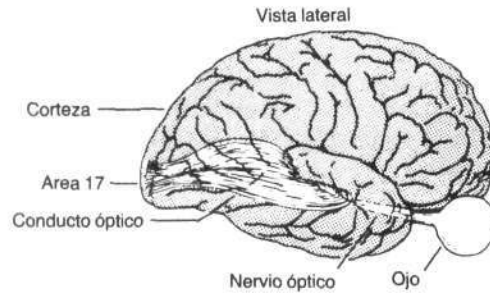
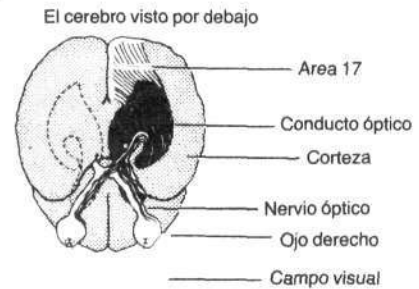
Figura 20
FORMACION DE LA IMAGEN DE LA RETINA EN LA CORTEZA

La retina se conecta al cerebro por medio de un haz de fibras nerviosas (a). Este haz de fibras reproduce la superficie de la retina en la superficie del cerebro, en gran medida como el haz de fibras ópticas conduce una fotografía. Sin embargo, este haz redistribuye la localización relativa de sus fibras a medida que el haz va creciendo desde el ojo hasta el cerebro, en el desarrollo del embrión, lo cual origina una distorsión de las proporciones de la imagen que conduce. Esta distorsión se ilustra en la manera en que se forma una cuadrícula en la corteza (b).

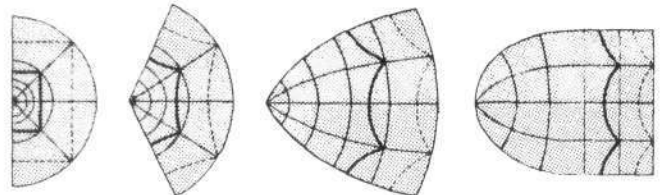
Si en la retina hay la imagen de un blanco cuadrículado, esa imagen se distorsionará en la corteza, produciéndose una cuadrícula casi rectangular. Esta distorsión se produce porque las fibras nerviosas del ojo derecho van al lado izquierdo del cerebro y viceversa. Esto cambia la forma de la imagen y proporciona una forma invariante en la corteza, si la forma que se está viendo se agranda simétricamente, como en la mitad del rectángulo que se ilustra. Esto es extremadamente útil en la percepción de profundidad, donde las formas se agrandan o achican simétricamente cuando se acercan o alejan del observador.

Esta formación de la imagen es en realidad una función logarítmica en dos dimensiones. Se puede demostrar que el cambio en el haz de fibras durante el desarrollo embriológico surge como resultado de las condiciones de espacio en las que el haz crece, en mucho como un líquido se distorsiona cuando fluye por tubos cuya forma cambia. La evolución de los vertebrados —desde el pez hasta el primate— que llevó a esta formación de imágenes, ocurrió por los cambios sucesivos en precisamente estas condiciones de espacio. De modo que la fisiología visual de la

(a) Vía retino-cortical



(b) Formación de una imagen cuadrada en la corteza



La línea continua es un cuadrado pequeño
La línea punteada es un cuadrado agrandado simétricamente

percepción de profundidad, la determinación embriológica del crecimiento y la evolución, son todos aspectos de la misma función logarítmica de trabajo.

rotación, nos referimos a una rotación funcional. Si hay algo que se pueda llamar coherencia de acción en amplia escala a lo largo del ADN, entonces la actividad de cada rotación completa debe guardar orden con la siguiente, así que, desde el punto de vista funcional, puede considerarse al ADN en su conjunto como una sola rotación completa. La información de Mays Swicord que implica coherencia de fase en amplia escala en el ADN sugiere algo de esta suerte.

Podemos ampliar la serie de hipótesis generadas hasta ahora, con otra exploración. Kepler, al igual que Platón, consideró los poliedros regulares como puntos de partida decisivos para entender el proceso de creación continua del universo. De los cinco poliedros regulares, se considera que el dodecaedro es el más importante, porque los otros cuatro se pueden construir a partir de él (Figura 18). El dodecaedro se compone de doce pentágonos regulares; convendría ver si hay relación entre el período del ADN y el dodecaedro.

Para empezar, tomemos diez pentágonos, cada uno de los cuales representa una vuelta de 36° en la hélice. Los

unimos entre sí de modo que en conjunto tienen la forma de una onda sinoidal (figura 19a). En vista de que la onda sinoidal es en realidad la proyección de un proceso circular, tomamos la serie de pentágonos así dispuestos y comenzamos a llevar a cabo acción rotacional con ellos, en torno al eje vertical (figuras 19b y c). A medida que la figura se curva en torno al eje vertical, comienza a tomar la forma de una espiral sobre un eje horizontal. Si continuamos la rotación, la tira de pentágonos termina por formar el dodecaedro (figura 19d). Es un resultado sorprendente ya que comenzamos con sólo 10 caras, pero observen que faltan dos caras en la figura final. Sin embargo, faltan sólo en cierto sentido, porque las otras caras definen los límites de las superficies faltantes, y por lo tanto, crean realmente los polígonos faltantes con sus aristas.

Como las caras faltantes son opuestas entre sí, lo que resulta es, en lo topológico, un toroide. De modo que le hemos dado en realidad dos vueltas al ADN en torno al toro para llegar a esta figura. Ello pone en primer plano la relación entre los pentágonos de una hélice y los pentágonos

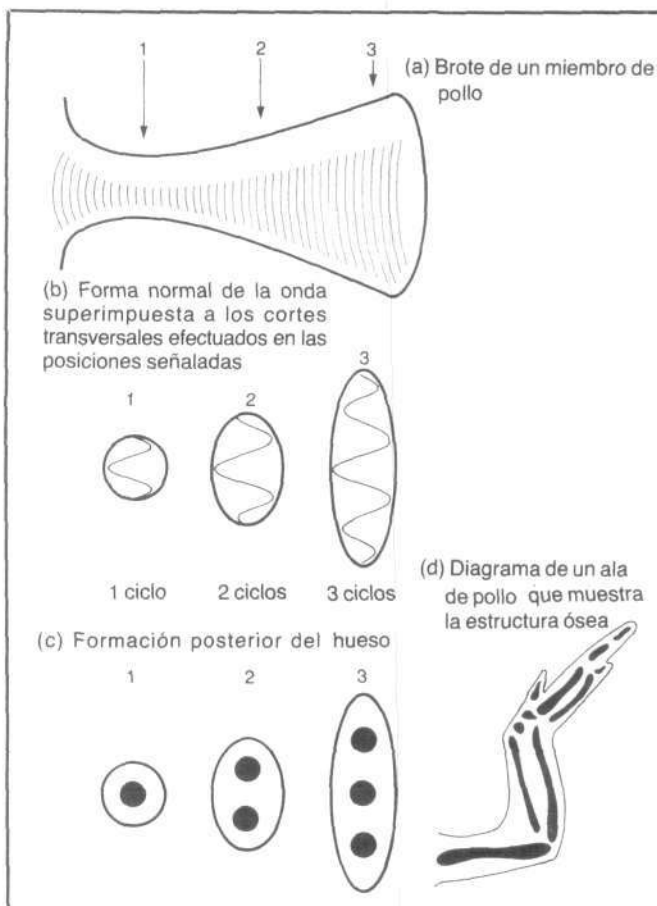


Figura 21

DIFERENCIACION DEL BROTE DE UN MIEMBRO

El ala del pollo comienza su desarrollo embriológico como el brote de un miembro (a). En corte transversal, el brote es redondo cerca del cuerpo y se aplana progresivamente hacia la parte distal, para terminar en un cojinete plano. El número de huesos es semejante al de los humanos; uno en el antebrazo, dos en el brazo y cinco en la mano.

¿Cómo se lleva a cabo esta diferenciación? Volviendo a las formas del corte transversal, vemos que una onda de la forma sinoidal común podría caber en el contorno de los ciclos uno, dos y tres respectivamente (b). Si estas ondas determinan los huesos futuros, entonces el número de huesos se determina simplemente por la forma del contorno general (c) y (d). Este parece ser de hecho el caso. No sólo es este un modo extremadamente eficiente para que el embrión crezca, sino que significa que la evolución podría ocurrir rápidamente con sólo cambiar la forma del brote del miembro para producir un cambio en el número de ortijos en un animal, como se sabe sucedió reiteradamente en la evolución de los mamíferos herbívoros. Aquí nuevamente tenemos una función autosemejante de trabajo que determina la fisiología, embriología y evolución en forma eficiente, a semejanza de como sucede en el sistema visual.

de la otra, que ensamblan de la misma manera que la figura ensambla perfectamente para formar el poliedro regular. Esto tiene implicaciones en cuanto a cuál será el espectro característico del ADN y cuál el potencial retardado de su superficie.

El origen de la vida y la función de trabajo del ADN

Si es cierto que la función espiral de trabajo tiene un significado amplio y general, nos gustaría relacionar esta idea con otras cuestiones fundamentales de la biología, y ninguna es tan básica como el enigma del origen de la vida.

Por lo común se acepta que la vida comenzó con algún acontecimiento estadísticamente improbable que ensambló el ADN —el elemento genético, el único que puede autorreproducirse—, enzimas proteínicas para catalizar las reacciones metabólicas y, posiblemente, un pigmento fotosintético, predecesor de la clorofila; y todos juntos se dieron a la tarea de formar un organismo vivo.

La idea no es nueva: Leonardo da Vinci dedicó una parte importante de su obra a localizar en la sección áurea la característica invariante en las proporciones anatómicas.

Una vez esbozado el curso de las funciones autosemejantes de las geometrías embrionarias, el siguiente paso es definir las transformaciones metabólicas de los tejidos, el trabajo específico realizado por los tejidos, como, por ejemplo, los estados particulares de polarización en el sentido que indican los datos recogidos con resonancia magnética nuclear, y luego rastrear el desarrollo progresivo de

esta polarización a medida que cada tejido se diferencia. La polarización eléctrica del hueso es un caso simple, pero indica la dirección que queremos seguir.

Cuando tengamos una comprensión más acabada de cómo se desarrolla la función espiral de trabajo para crear y mantener el estado de salud de los tejidos, estaremos en capacidad de planear experimentos decisivos para determinar la causa de la gran variedad de enfermedades de la vejez, sin faltar el cáncer y la insuficiencia acompañante del aparato inmunológico. Tendremos entonces los elementos para prolongar enormemente la vida humana, quizá indefinidamente.

Ned Rosinky, facultativo, forma parte del equipo de trabajo de Fusion Energy Foundation.

Notas:

1. W. N. Mei, M. Kohli, E. W. Prohofsky y L. L. Van Zandt: "Acoustic Modes and Nonbonded Interaction of the Double Helix", *Biopolymers*, vol 20 (1981), pp 833-852.
2. M. L. Swicord: "Microwave Absorption of DNA Between 8 and 12 GHz", *Biopolymers*, vol 21 (1980), pp 2453-2460.
3. Comunicación personal, 10 de junio de 1984.
4. Esta idea la discuten Jonathan Tennenbaum en "Cómo cambia el hombre las leyes del universo", *Fusión Nuclear*, vol II, núm 3, tercer trimestre de 1984; y Lyndon H. LaRouche en "Why I Must Attack Albert Einstein", *Fusion*, julio-agosto de 1984.
5. A. W. Boddie Jr, W. S. Yamanashi, J. Frazer, C. M. McBride y R. Martin: "Field Focusing and Focal Heating Patterns Using a Hybrid Radiofrequency Hyperthermia System of Novel Design", *Medical Instrumentation*, vol 17 (1983), pp 358-364.



Un asunto de vida o muerte

por Lyndon H. LaRouche

En una propuesta reciente sobre medidas médicas de defensa civil, propuse que se adoptase un protocolo internacional único de investigación que cubra todas las enfermedades resultantes del envejecimiento de los tejidos y aspectos concomitantes. Argumentaba, entre otras cosas, que los profesionales médicos dedicados a la investigación y otras actividades de medicina preventiva representan, en buena parte, una reserva de capacidad profesional que se puede reducir temporalmente en caso de urgencia, pero sin dañar la continuidad de la función primaria, de largo plazo, que desempeñan.

En cuanto al protocolo mismo, mi obligación en ese documento era exponer las tareas y alcances de esos programas de investigación desde el punto de vista de la ciencia económica. Contra lo que creen ciertos funcionarios de seguros que quisieran ver morir a la gente —de preferencia en digno silencio— al primer síntoma de enfermedad después de la jubilación, el aumento de la longevidad es un correlativo necesario del progreso económico, y mantener en actividad a los jubilados permite a esa porción de la población contribuir directa o indirectamente a la productividad nacional. En la ciencia económica, nos ocupamos

no sólo de lo que la tecnología aporta para elevar la productividad general del trabajo, sino también del hecho de que mientras más viva una persona más contribuirá a retribuir la inversión de la sociedad en su educación y experiencia general. Bien pudiéramos llamar a esto el "principio Charles de Gaulle" o el "principio Konrad Adenauer" de la economía política.

La ciencia económica tiene mucho que ver con ciertos aspectos propios de la investigación médica. Desde fines del siglo 15, gracias a los trabajos de Luca Pacioli y Leonardo da Vinci, sabemos que el proceso de la vida se distingue de los procesos no vivientes de un modo elemental y único: todos los procesos vivientes se distinguen, en sus rasgos morfológicos de crecimiento y función, por una característica armónica denominada sección áurea. El principio subyacente es también el principio fundamental de los procesos económicos; ello puede sonar pasmoso al lego que lo escucha por vez primera, pero a poco de reflexionar se empieza a disolver la incredulidad. Las sociedades son organismos definidos por actividades características de los seres humanos, y la economía empezó con la revolución agrícola. No debe sorprender, por tanto, que el principio

medular que distingue las economías venturosas de las fracasadas resulte ser expresión del mismo que distingue los procesos vivientes de los no vivientes.

El rasgo específico del progreso económico que expresa de modo directo ese entronque es la definición de *tecnología* que ofreció Gottfried Leibniz hace unos 300 años. Merced a los descubrimientos fundamentales de Karl Gauss a principios del siglo 19 y los trabajos de su sucesor más destacado, Bernhard Riemann, tenemos una comprensión más precisa de la coherencia que liga el principio subyacente del progreso técnico al principio central de la vida. Esto tiene mucho que ver con ciertos rasgos elementales de la investigación en campos como el del envejecimiento del tejido viviente y de enfermedades como el cáncer, que caen dentro de aquella área general de investigación.

Desde que hice estas observaciones sobre el principio de la vida en la ponencia mencionada, se me han acercado varios especialistas, entre otras personas, para pedirme que reexponga el tema con mayor detalle. Renuevo ahora mi planteamiento. Empiezo por los aspectos más generales, para ubicar en ese marco el punto decisivo.

La significación de la sección áurea

El redescubrimiento del cardinal Nicolás de Cusa, en el siglo 15, de lo que se conoce como el teorema isoperimétrico de la topología fue el elemento central de su obra, con la que fundó la ciencia europea moderna y echó a andar una rigurosa ciencia física entre sus sucesores. Dicho redescubrimiento era indispensable para lograr el entendimiento riguroso del contenido del diálogo *Timeo* de Platón, de lo cual dependen todas las contribuciones fundamentales de la ciencia matemática europea moderna.

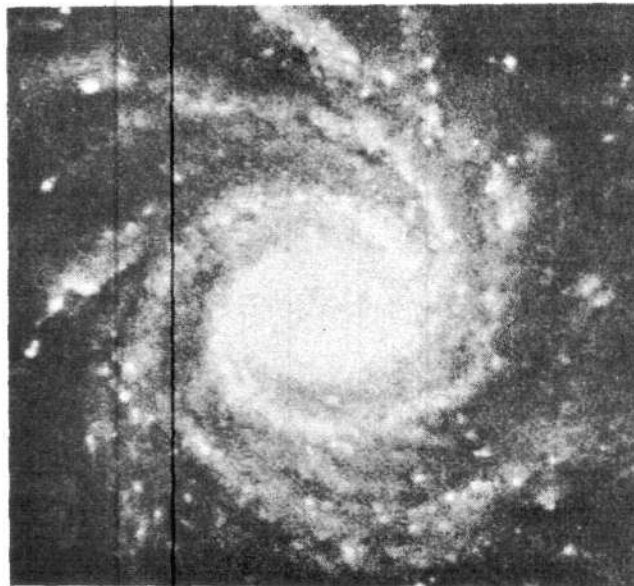
Los tres aspectos centrales del *Timeo* son, primero, el principio isoperimétrico; la prueba de que en el espacio visible sólo se pueden construir cinco poliedros regulares distintos; y un principio que Platón denomina *hipótesis de la hipótesis superior*. Hasta la obra de Cusa, el problema formal que enfrentó la ciencia europea al tratar de comprender el contenido del *Timeo* era que el principio isoperimétrico aparece en el diálogo sólo por implicación, y que los europeos cargaban con la idea errónea de que los principios de geometría de Platón coincidían con la estructura axiomática, silogística, de la versión de los *Elementos* de Euclides escrita en Egipto más de un siglo después de la vida de Platón. El redescubrimiento de Cusa del principio isoperimétrico abrió el camino a la elaboración de una geometría no euclidiana del género de la geometría sintética que elaboró el profesor Jacob Steiner en el siglo 19, geometría sin axiomas ni estructuras silogísticas, basada tan sólo en el principio de construcción que arranca del principio isoperimétrico.

Es necesario subrayar este aspecto, dado que a partir de fines del siglo 16, en torno a la influencia de Francis Bacon, Galileo Galilei, René Descartes, Robert Fludd y compañía, creció en Inglaterra y otras partes una escuela de física matemática opuesta a la obra de Cusa, Da Vinci, Kepler, etc. Esa escuela parte de estructuras axiomático-silogísticas como la de la versión egipcia de los *Elementos* de Euclides, y da cada vez más importancia a la pretendida preponderancia de esas estructuras, cada vez menos importancia a la

geometría y más a la simple aritmética. Los *Principia mathematica* de Whitehead y Russell, el positivismo lógico moderno y la llamada nueva matemática que se introdujo a las escuelas más o menos a fines de los cincuentas, son versiones radicales extremas del mismo sistema axiomático-silogístico. La hegemonía de esta corriente positivista radical en las universidades y entre los profesionistas, en especial desde mediados del siglo 19 y más todavía desde el Tratado de Versalles, ha provocado que los principios rigurosos que gobiernan los descubrimientos fundamentales de la ciencia física europea se desconozcan aun entre los profesionistas inteligentes de nuestros días.

Uno de los rasgos que distinguen mi propia obra en la ciencia económica es que los descubrimientos que hice en 1952 se bañan de modo directo en la obra del gran sucesor de Karl Gauss, Bernhard Riemann. Así que, para perfeccionar y ampliar todo lo necesario mis propios descubrimientos en la ciencia económica, ha sido necesario que mis colaboradores y yo reconstruyamos la historia interna del progreso de la ciencia europea desde los primeros pasos de Cusa, pasando por Kepler, Leibniz, Euler, la Ecole Polytechnique, Gauss, etc, recurriendo tanto a manuscritos olvidados en los archivos como a materiales impresos básicos de los principales trabajadores científicos del periodo que va de Cusa a Riemann, Weierstrass y Cantor en el siglo 19. Nos vimos obligados a echar a un lado mucho de la complicada superestructura silogística de la física matemática que prevalece hoy día, así como a reexaminar los supuestos metodológicos y ontológicos fundamentales que subyacen en la investigación científica contemporánea.

La situación actual es que los trabajadores científicos ignoran que mucho de la superestructura de la física matemática moderna descansa en supuestos que, cuando se introdujeron, se demostró empíricamente que son erróneos, y aun absurdos y arbitrarios, empezando con los falsísimos supuestos que introdujeron Bacon, Fludd, Galileo,



El universo es un proceso negatoentrópico de desarrollo autosimilar, el cual, al igual que los organismos vivos, sigue normas geométricas expresadas en la sección áurea.

Descartes y demás. Los profesionistas, tanto como los legos, ignoran en qué medida muchas cosas que se dicen en materias científicas son producto no de la investigación empírica de la naturaleza, sino de los métodos sobrepuestos a la descripción de la naturaleza, métodos que tienen sus raíces en supuestos subyacentes de falsedad demostrable. En circunstancias ordinarias, el defectuoso aparato matemático de la ciencia moderna no parece fallar en, digamos, la práctica general de la ingeniería. El aparato matemático parece adecuado en la medida en que no se intente ponerlo en práctica en campos en los que los supuestos ontológicos fundamentales juegan un papel importante para la tarea que se realiza.

Por eso, cuando yo u otras personas decimos algo que tiene que ver con cuestiones fundamentales, sea en materia de ciencia económica o en otros campos, la primera respuesta, aun entre profesionales dotados, es no sólo de incredulidad, sino de ira. Lo primero que dicen es que los métodos de física matemática generalmente aceptados parecen funcionar muy bien, al punto en que no hay por qué desconfiar de ellos en aspecto alguno. Con todo, como lo hemos demostrado en un buen número de trabajos publicados, no hay nada absurdo o siquiera erróneo en nuestras críticas, siempre que los profesionales presten menos atención a los actuales libros de texto y la dirijan a los manuscritos y trabajos impresos de los espíritus señeros del progreso científico de los últimos 500 años de ascenso de la ciencia europea.

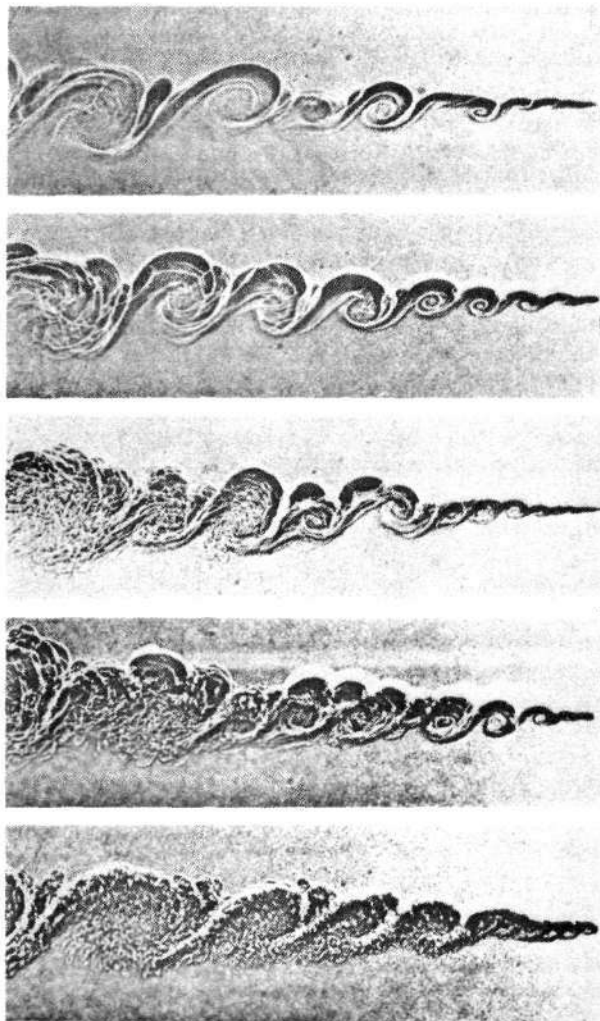
Esta diferencia entre dos corrientes metodológicas opuestas en la ciencia europea moderna tiene las más profundas implicaciones prácticas cuando concentramos la atención en el intento de elaborar una definición ontológica rigurosa de la vida. Como lo ilustra el ejemplo de la doctrina de Wiener y Shannon (la "teoría de la información"), los métodos actuales para definir los procesos vivientes descansan axiomáticamente o bien en la mecánica estadística o bien en doctrinas místicas contrarias, afines al vitalismo de Bergson. Como lo explicaré, desde antes de la obra de Descartes se había ya demostrado que los fenómenos de la vida se deben definir de manera diferente. Los elementos empíricos que estudiaron Pacioli y Da Vinci, primero, y Kepler, más adelante, ya habían suministrado las pruebas. Los aportes de Leibniz, los descubrimientos fundamentales de Gauss y la obra de Riemann dieron el instrumental riguroso para abordar de modo novedoso y más profundo las cuestiones prácticas que antes habían examinado Da Vinci y Kepler.

Ello sitúa el aspecto polémico de lo que expongo enseguida.

Un contemporáneo y colaborador de Platón en el templo de Amón en Cirene comprobó que, en la geometría del espacio visible, sólo se pueden construir cinco poliedros regulares distintos. Como lo demostró luego Pacioli a partir del trabajo de Cusa, y como lo demostró Euler de nueva cuenta y con mayor rigor tiempo después, esos cinco sólidos guardan una relación funcional única: cuatro de ellos derivan de la construcción de uno, el dodecaedro (cuyas doce caras son pentágonos regulares iguales). En esta construcción, la sección áurea se manifiesta no sólo al construir el pentágono a partir del círculo (el elemento definido por



Leonardo da Vinci estudió la acción rotatoria en multitud de procesos naturales. Sus trabajos en materia de hidrodinamia revelan características del trabajo universal cuyos principios arrojan constantemente nueva luz en la biología.



la rotación isoperimétrica); la sección áurea caracteriza la construcción del propio dodecaedro.

Mis colaboradores y yo hemos hecho una corrección importante al modo en que examina Kepler este principio al derivar la leyes astronómicas del universo, única derivación que ha resultado válida. Hemos demostrado que las leyes correctas se basan en un sistema armónico congruente con la polifonía musical bien temperada del obispo Zarlino y Johan Sebastian Bach. En otras palabras, los principios del sistema bien temperado de polifonía de Bach existían realmente en tanto leyes fundamentales del universo antes de que existiese el primer músico.

En lo tocante al tema de este escrito, la pertinencia de esa corrección es, en pocas palabras, la siguiente.

En primera instancia, la significación aparente de la sección áurea para la física matemática sobre la superficie de este planeta nuestro es que parece ser sólo el principio característico de la morfología de los procesos vivientes. Esto parece explicarse en parte cuando comparamos la sección áurea con lo que se conoce como serie de Fibonacci. La serie de Fibonacci es una representación idealizada del crecimiento simple de una población. Conforme crece, las características armónicas de la serie tienden a coincidir con los de la sección áurea. Ello no tiene nada de misterioso: una construcción geométrica elemental de la serie de Fibonacci muestra por qué ocurre así necesariamente. Si se examina desde este punto de vista el crecimiento de poblaciones celulares o cualquier otra actividad biológica semejante, todo misterio se desvanece.

Si se tiene en cuenta nuestra corrección de la armonía de Kepler, brota de inmediato una comprensión más profunda.

El hecho de que las leyes astronómicas de Kepler son correctas como ningunas, con dos salvedades, es decisivo. La deficiencia de las leyes de Kepler es que debió apoyarlas en la armonía bien temperada en vez de la armonía diatónica simple y que resultan inadecuadas, del modo en que están formuladas, para tratar con fenómenos relativísticos. Por lo demás, son válidas. Dichas leyes derivan del principio isoperimétrico y del principio de los cinco sólidos platónicos. Esto es, el principio fundamental subyacente de las leyes de Kepler y del principio de la gravedad derivado de esas leyes es la sección áurea, misma que, como lo subrayaron Pacioli, Da Vinci y Kepler, caracteriza los procesos vivientes, en contraste con los no vivientes. En otras palabras, las leyes de la astronomía manifiestan que el universo en su totalidad es gobernado en lo fundamental por el mismo principio que caracteriza los procesos vivientes. En lenguaje moderno, las leyes fundamentales de nuestro universo son las de un proceso universalmente negatoentrópico.

¿Qué significa realmente este hecho astronómico? La respuesta estaba implícita en la obra de Platón, pero la significación de esa respuesta se vino a comprender correctamente en la física matemática sólo con los descubrimientos fundamentales de Gauss y, luego, de Riemann.

Platón reconoció y puso de relieve que el universo no es exactamente como lo vemos. En lenguaje moderno decimos que la organización de nuestro aparato mental y sensorial hace a nuestra mente deformar la imagen del univer-

so conforme a ciertas leyes, siempre del mismo modo. La tarea de la ciencia es descubrir, primero, cuáles son esas leyes de deformación sistemática, y, por medio de ese descubrimiento, procurar métodos empíricos rigurosos para obtener una imagen adecuada de lo que es el universo, al margen de la deformación.

La prueba del argumento de Platón es la demostración de que ciertas formas geométricas que existen en el espacio visible no se pueden construir dentro del espacio visible. Un ejemplo de ello es el polígono regular de siete lados, el heptágono, que sólo se puede construir con auxilio de figuras que se emplean para construir funciones trascendentales. En otras palabras, el universo real, a diferencia de las deformes imágenes del universo que percibe nuestro aparato mental sensorial, se basa en principios subyacentes de lo que denominamos funciones trascendentales.

Todas las funciones trascendentales, reducidas a su forma más elemental, dan lo que llamamos una espiral autosemejante bien sobre la superficie exterior de un cono o bien sobre la superficie exterior de un cilindro. En la ciencia económica, la espiral autosemejante sobre la superficie exterior de un cono representa *trabajo*, en tanto que sobre la superficie exterior de un cilindro de longitud indefinida es la forma normal de la *energía radiada coherente*.

En el caso de la espiral autosemejante sobre la superficie exterior de un cono, la llamada espiral logarítmica, su proyección sobre la base circular del cono da una espiral plana cuyo rasgo característico es la sección áurea. Si dividimos la base circular en doce sectores iguales, la espiral queda dividida en segmentos cuyas relaciones armónicas de longitud son las del sistema bien temperado de polifonía. El intervalo de quinta, el intervalo correspondiente a la sección áurea, define por medio de una serie de complementos todas las relaciones armónicas del sistema bien temperado de polifonía.

El significado esencial de esta relación lo descubrió Gauss al resolver la noción general de funciones cónicas, solución que deriva de su determinación de lo que se conoce como medias aritmética y geométrica. La solución se basa en las características fundamentales de una espiral autosemejante generada sobre un cono o algún derivado de una función cónica. Lo cual significa, para no extendernos demasiado, que las leyes del universo se basan en el hecho de que el universo real, el cual sólo vemos en su apariencia deforme de universo visible, se gobierna por el principio causal de la mínima acción (que la mínima acción de trabajo ocurre en la forma de acción espiral cónica autosemejante), y que lo que vemos como características del comportamiento en el espacio visible son proyecciones del universo real, de orden superior, en las facultades de comprensión de nuestro aparato mental sensorial, de orden inferior. Como dice el apóstol San Pablo: "Vemos oscuramente, como en espejo".

Así, para volver a nuestro tema principal, el hecho de que los procesos vivientes ofrezcan las características de la sección áurea en la morfología de su crecimiento y sus funciones meramente expresa el hecho de que en el universo real la causa de ese resultado aparente es la acción según el principio de la mínima acción dentro del dominio complejo. Se sigue que la investigación de los principios físicos de los

procesos vivientes debe escoger materiales de investigación diferentes y, en vez de partículas de materia definidas dentro de una multiplicidad cartesiana, ocuparse de las transformaciones específicas de procesos vivientes que presentan las características de transformación negatointertrópica en una multiplicidad de Riemann y Gauss. En ese sentido, debemos emplear la física matemática de Bernhard Riemann, bien entendida, no sólo para medir los rasgos característicos de los procesos vivientes, sino también para escoger el objeto empírico de estudio.

En otras palabras, hay que expulsar la mecánica estadística de la biología.

Hay tres aspectos de la obra de Riemann que tienen que ver, del modo más obvio, con semejante indagación. Primero, el nuevo método de física matemática que definió Riemann, preliminarmente, en su disertación inaugural de 1854, *Sobre las hipótesis en que descansa la geometría*. Segundo, el modo en que abordó la electrodinámica, en particular su explicación de la idea de potencial retardado. Tercero, la aplicación que hizo del principio de potencial electrodinámico retardado al caso de la generación de ondas de choque acústicas, en su trabajo de 1859 *Sobre la propagación de ondas planas de magnitud finita en el aire*.

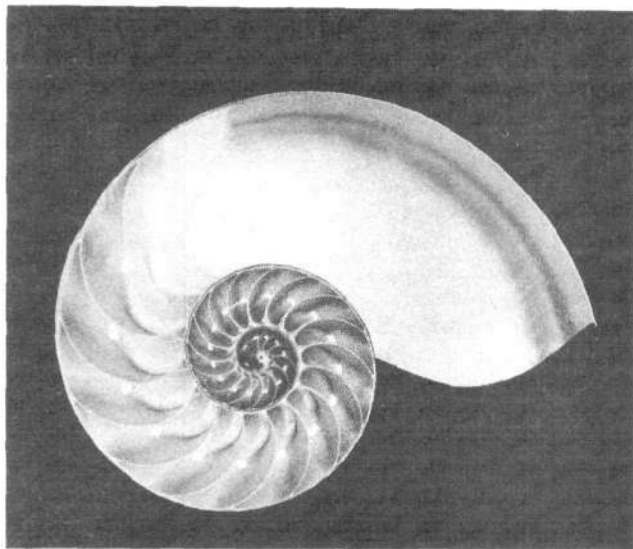
En este último trabajo, Riemann revive la idea que elaboró antes Leonardo da Vinci respecto a la hidrodinámica: que la propagación de las ondas sonoras en el aire cobra la forma de lo que hoy llamamos una onda sinusoidal, en vez de que se propaguen por medio de la interacción percusiva entre moléculas. Riemann considera dichas ondas sinusoidales como ondas espirales autosemejantes sobre la superficie exterior de un cilindro de largo indefinido. Juzga que la causa de las ondas sonoras es una onda cilíndrica espiral autosemejante, y supone a ésta electrodinámica, en vez de que se produzca por percusión entre moléculas. Para que la onda se propague en la atmósfera, debe hacer a ésta transparente a su propagación. En física de láseres, esto se llama *transparencia inducida del medio*. La transparencia inducida requiere cierta configuración de las moléculas del aire. Tal configuración no puede propagarse con mayor rapidez que la que permite el movimiento promedio de las moléculas de aire. He aquí un caso de propagación retardada del potencial electrodinámico. Así que, cuando un pistón o algún otro aparato se acelera hasta rebasar la velocidad promedio de las moléculas del aire, la velocidad de propagación de las ondas sonoras alcanza la condición limitante del potencial retardado de propagación en el aire. Esto genera una circunstancia singular, a la que distinguimos como *onda de choque*.

Como alegaba tenazmente lord Rayleigh, si la idea de Riemann de las ondas de choque es correcta, toda la mecánica estadística se derrumba desde sus cimientos. Por tanto, Rayleigh declaró absurdo el trabajo de Riemann de 1859. Más adelante, la obra de los físicos alemanes Ludwig E. Pandt y Adolf Busemann demostró que Riemann tenía razón y que el alegato de Rayleigh era absurdo. Erwin Schrödinger partió del mismo punto que Riemann en su famoso trabajo sobre la naturaleza del electrón, y el mismo principio constituye la base de la doctrina de la compresión isentrópica en la física de plasmas contemporánea. Una y otra vez se ha demostrado que Riemann tenía razón en esta

cuestión; pero las devastadoras consecuencias que ello tiene para la mecánica estadística y que mencionaba Rayleigh por lo general no se han tomado muy en cuenta, aun en nuestros días.

La integridad del método de Riemann nos conduce sin falta a abordar la biología, por ejemplo, con el mismo método que mis colaboradores y yo hemos aplicado venturosamente a la ciencia económica. En todo trabajo experimental que tenga que ver con cuestiones fundamentales, debemos modificar la concepción de los experimentos para dar menos importancia a la cosa particular que se supone de suyo evidente (como la molécula particular, el gene, etc) y pasar a considerar como información empírica primaria tan sólo las transformaciones del proceso que correspondan a algo equivalente a un cambio de fase en las características de la totalidad del proceso. Debemos interpretar esas transformaciones desde el punto de vista de algún elemento singular de transformación. Las transformaciones que subsumen esa singularidad se deben considerar la información ontológicamente primaria.

Ello se requiere sobre todo en los procesos vivientes. Debemos dejar de abordar los procesos vivientes con métodos propios para estudiar cosas muertas; debemos dejar de definir la vida meramente como no muerte, como algo que desafía las leyes estadísticas de las cosas muertas. La expresión "entropía negativa" es, por esa razón, muy desafortunada. Nos referimos al universo como si fuera por definición entrópico —aun cuando Kepler ya demostró de modo concluyente la falsedad de semejante supuesto— y elaboramos un aparato axiomático silogístico basado en el supuesto de que el universo es, primariamente, una cosa muerta cuya direccionalidad está determinada por la entropía. Y luego tratamos de interpretar los procesos vivientes con esa matemática de muerte. Matemática semejante, que por su naturaleza excluye de sus ecuaciones la idea de



Que la vida es fruto del azar y por puro azar procede, es una idea que sólo cabe en cabezas muy desordenadas. El bello Nautilus ofrece aquí una refutación visible a esos tontos que creen que sus hijos no se les parecen por razones estadísticas.



Nicolas de Cusa



Gottfried Leibniz



Bertrand Riemann

causación, nos obliga a interpretar los datos empíricos de los procesos vivientes como si se compusieran esencialmente de cosas muertas. Así que las ideas de procesos vivientes derivadas de dicho punto de vista matemático y de dicha concepción de los experimentos mide la vida como si fuera muerte. No son los procesos vivientes los que llevan la investigación a conclusiones semejantes; las conclusiones no salen de los procesos vivientes, sino de la muerte encastrada por definición en la matemática sobrepuesta a la concepción y descripción de los experimentos.

El dato primario en torno al que se deben construir los experimentos biológicos es la vida misma. La vida se define matemáticamente como la forma de trabajo que eleva la materia a un estado superior de organización por medio de una transformación que subsume una singularidad. Esa información es la información experimental irreductible de la biología.

Algunas observaciones finales ayudarán a hacer esto más entendible.

Cómo reflexionar sobre la vida

Para comprender la vida, es indispensable idear una matemática que por su naturaleza pueda reflejar el principio de la vida. En otras palabras, debemos ser capaces de construir imágenes geométricas que, en tanto reflejos de los principios vivientes que estudiamos, sean congruentes topológicamente con la cualidad viviente de dichos procesos. Para llevarlo a cabo, tenemos que empezar por aislar algún principio de la vida mental humana que, por su naturaleza, sea congruente con el carácter negatoentrópico de los procesos vivientes.

El problema, la tarea, no es medir el comportamiento de los procesos vivientes en forma estadística. Norbert Wiener y compañía llegaron al absurdo en esto. El gran Hilbert, en Gotinga, nunca toleró la matemática de Wiener, informa Uwe Parpart-Henke, director de investigaciones de la Fusion Energy Foundation, a partir de sus investigaciones. El problema es construir una imagen mental de los procesos vivientes, una imagen mental—una concepción—del prin-

cipio activo de los procesos vivientes. Debe ser una concepción práctica que, por la naturaleza de su concepción y aplicación, dirija nuestros esfuerzos a experiencias útiles por medio de las cuales produzcamos a voluntad cambios de fase en la autoelaboración de los procesos vivientes.

Esa tarea es el asunto central de la ciencia económica. Aun aquellos que no saben de economía científica, pero tienen una formación profesional científica, pueden captar sin dificultad este aspecto del asunto.

La medida general del desempeño económico de las sociedades es el aumento de lo que denominamos *densidad relativa potencial de población*, en que la densidad de población mide el número de personas que las actividades de esa sociedad sostienen en promedio por unidad cuadrada de tierra habitable. Dicho aumento se correlaciona, en forma gruesa pero necesaria, con el aumento de la cantidad de unidades de energía que se consume per cápita. Desde el punto de vista de la química elemental, eso representa un aumento del "poder reductor" per cápita de la sociedad.

El examen riguroso de este aspecto de los procesos económicos lo emprendió por vez primera Gottfried Leibniz, al elaborar los principios generales de las máquinas movidas por calor. En términos generales, parece que la productividad relativa del trabajo aumenta por medio de aumentos eficientes en la cantidad de unidades de energía útil que emplea la máquina. No obstante, como Leibniz lo puso de relieve por vez primera, hay una importantísima anomalía que considerar. Esta anomalía se ejemplifica en el caso de dos máquinas que consumen la misma cantidad de carbón por hora, pero permiten a los operarios realizar en el mismo tiempo cantidades diferentes del mismo tipo de trabajo. Tal diferencia en la organización de la máquina es la definición de Leibniz de *tecnología*.

El contenido geométrico-físico de la tecnología fijado de esta manera es, en términos generales, el correlativo físico del principio isoperimétrico, que Leibniz describe como *principio de acción mínima*. La sustancia de la tecnología en las máquinas queda determinada por el ciclo de la máquina, el cual tiene dos rasgos elementales. El primero es

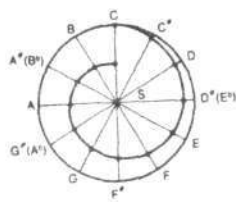


Figura 1a
Espiral autosimilar logarítmica construida sobre un cono y proyectada sobre la base del mismo. A cada rotación completa la espiral recorre la mitad de la distancia que le falta para alcanzar la cúspide.

Figura 1b
Espiral logarítmica sobre un cono.

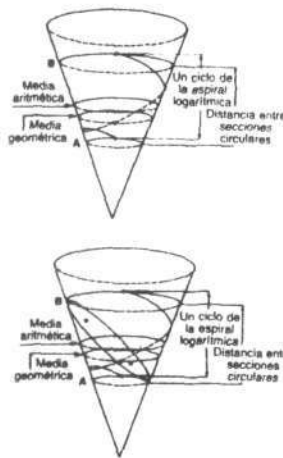
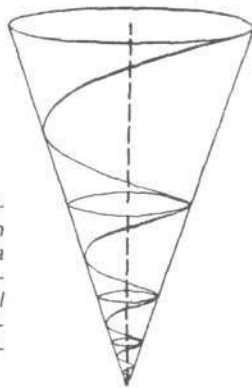


Figura 1c
Cada ciclo de la espiral logarítmica define un tronco cónico, representado aquí entre los círculos A y B. La media geométrica se encuentra a la mitad de la distancia entre los círculos A y B. La media aritmética se encuentra a la mitad de la distancia entre los círculos A y B. Los focos de la espiral inscrita entre los círculos se emplean para definir el nuevo tronco cónico.

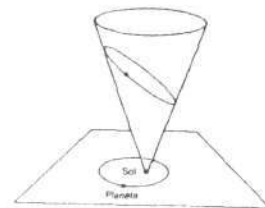


Figura 1d
La elipse inscrita en el cono se proyecta para darnos la imagen del Sol y un planeta en órbita.

la acción rotatoria, o cambios ordenados del esfuerzo de trabajo transmitido por la máquina, efectuados por medio de rotación. El segundo es el aumento de la densidad del flujo energético de la acción, de modo que la máquina rinde más energía por unidad cuadrada de esfuerzo aplicado a la producción que el que rinde la concentración de la energía que alimenta todas las acciones de la máquina. La combinación de esos dos rasgos adopta la forma de la rotación cónica, en contraste con la simple rotación circular.

Los rasgos más elementales de esta relación se definen como sigue.

Tomemos una forma elemental de espiral cónica autosemejante (una expresión geométrica elemental de una variable compleja). Tomemos dos ciclos sucesivos de la espiral (dos rotaciones sucesivas de la espiral en torno al cono). Tomemos los cortes circulares del cono situados al comienzo de los dos ciclos y al final de cada uno de los dos ciclos, y consideremos que las áreas circulares miden la densidad de flujo energético. (Vale la pena recordar que los láseres pueden concentrar la energía que reciben, muchos kilovatios por metro cuadrado, en áreas de aplicación de apenas 10^{-8} metros, digamos. En este caso, nos interesan las circunstancias en que la energía alimentada originalmente, si se aplica al blanco con una densidad de flujo relativamente baja, no produce cambio alguno en el estado del blanco, pero si se aplica con mayor concentración produce un cambio de fase. Dichos cambios de fase son el mejor ejemplo de nuestra noción de *trabajo*.)

En esta configuración, la variable compleja elemental que define la generación de la espiral tiene a ésta misma por primera integral, en tanto el volumen comprendido por un ciclo de la espiral es la integral definida de la acción espiral misma (figura 1). Además, las características del volumen comprendido son gaussianas: el corte elíptico iterativo de ese volumen según la relación entre la media aritmética y la geométrica, y el volumen y desplazamientos correspondientes a la última posible de esas divisiones iterativas. Este valor mínimo se juzga equivalente a lo que Leibniz define como división mínima, correspondiente al "delta" del cálculo diferencial, y es también ontológicamente congruente con la noción de cuanto de acción.

Reduzcamos todas las nociones de *trabajo* a esta forma ontológica. Consideremos, luego, el trabajo de producir energía, definida ésta en tanto equivalente a la forma de coherente de energía radiada en un haz dirigido: la forma de acción espiral autosemejante cilíndrica monocromática. Luego, consideremos el trabajo ejecutado mediante la aplicación de esta energía. El contraste entre el trabajo de producir energía y el que se obtiene mediante su empleo es la deficiencia elemental de trabajo en cada aspecto del proceso económico.

Semejante manera de abordar las cosas está implícita en la disertación inaugural de Riemann de 1854. Tomemos el principio de acción mínima en tanto acción espiral cónica autosemejante. El universo evolucionado (elaborado) por acción de este principio sobre sí mismo a escala universal es un universo de orden N , de modo que la realización de trabajo, en el sentido dicho, produce un nuevo estado del universo, $N + 1$. Esta relación significa que la acción sobre el universo queda delimitada de algún modo por el orden del universo N . Ello define implícitamente un límite para dividir la acción agregada, límite que se expresa en tanto límite de la división elíptica iterativa del volumen que abarca un intervalo de la acción cíclica: el cuanto de acción. El cambio del orden N al orden $N + 1$ de ese universo, o del espacio fase de que se trate, va ligado a un cambio de las características métricas (cuánticas) de ese dominio. Tales cambios de las características métricas de la acción en el espacio fase son la sustancia de la medida empírica de la transformación efectuada, la sustancia del trabajo.

En el caso de procesos económicos (sociedades), este cambio de métrica se expresa como un incremento de la densidad relativa potencial de población. La única forma de trabajo que realiza la sociedad es el aumento de ese valor. El único trabajo que se realiza dentro de la sociedad es la actividad funcionalmente eficiente para contribuir a que la sociedad en su conjunto aumente su densidad relativa potencial de población.

Dichos cambios, dicho trabajo, se efectúan mediante el adelanto deliberado de la tecnología.

La pregunta que se plantea es, por tanto, *cuál es la naturaleza de la acción por medio de la cual las sociedades hacen progresar la tecnología*. Semejante pregunta dirige

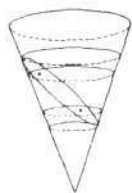


Figura 1e

Al proyectar las secciones circulares definidas por los focos de la elipse se generan troncados cónicos más reducidos cada vez.

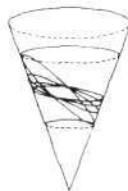


Figura 1f

Se construyen secciones cónicas menos "alargadas" cada vez.

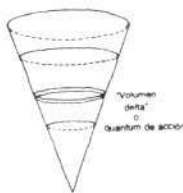


Figura 1g

Por último, llegamos a un volumen mínimo que no puede dividirse más sin que la sección deje de ser una elipse. Es cuando se crea una singularidad.

nuestra atención a las características de principio del aparato matemático que hace falta para comprender los procesos vivientes. ¿Cuál es el principio comprensible del descubrimiento científico creador?

La respuesta se puede encontrar si se examina la idea de Platón de hipótesis de la hipótesis superior. Reexpongamos esa idea del modo más sencillo posible; desde ese punto de vista, podremos explicar con cierto grado de eficiencia el estado mental que corresponde a la vida mental creadora. Los rasgos de la vida mental creadora, a su vez, especifican los requisitos que debe llenar la matemática propia para comprender la vida.

Hay tres niveles posibles de vida mental, definida ésta por la noción de hipótesis.

Hipótesis simple: en el nivel inferior de la vida mental racional, intentamos comprender un problema partiendo del supuesto de que la opinión prevaleciente es correcta en general. Procuramos describir el problema en una forma creíble y aceptable a los supuestos prevalecientes de la opinión común. Es éste el estado mental del que se guía por la opinión ajena; ese estado mental en que no se piensa más que lo que le pueda gustar al vecino, al amigo o a las autoridades prevalecientes. En el trabajo científico, los amigos a los que se hace caso son la opinión profesional, los supuestos prevalecientes del trabajo científico en general o, también, los supuestos específicos de algún aspecto especializado del trabajo profesional.

Las personas en ese estado mental nunca descubrirán cosa de utilidad que tenga que ver con el adelanto del conocimiento en general.

Hipótesis superior: el que piensa en este nivel se niega a guiarse por la opinión ajena, como sucede en el nivel de la hipótesis simple, y hace rasgo central de su indagar el descubrir y el echar abajo algún supuesto de aceptación general. El pensador creador es inherentemente un iconoclasta, una persona de actitud polémica frente a los supuestos de su tiempo, en particular los supuestos científicos. Se guía por su propio criterio, pues confía en la posibilidad de demostrar empírica y concluyentemente que hasta las opiniones más autorizadas de su tiempo pueden resultar absurdas en cuanto a uno o varios de los supuestos

generalmente aceptados en que se sustentan.

La hipótesis superior se encamina a escoger determinadas pruebas empíricas que demuestren que ciertos supuestos subyacentes y de aceptación general en su tiempo se deben descartar. Si el pensador lo logra, se produce una revolución científica de cierta magnitud, o su equivalente. Todo el edificio del conocimiento matemático que se cimentaba sobre los supuestos descartados se derrumba, y habrá que levantar uno nuevo, cimentado en la corrección que se halla hecho.

En última instancia, la validez o invalidez de tales descubrimientos se mide por la demostración de que implican un aumento de la densidad relativa potencial de población de la sociedad; ¿produce o no, ese descubrimiento, un aumento del poder práctico per cápita de la humanidad sobre la totalidad de la naturaleza?

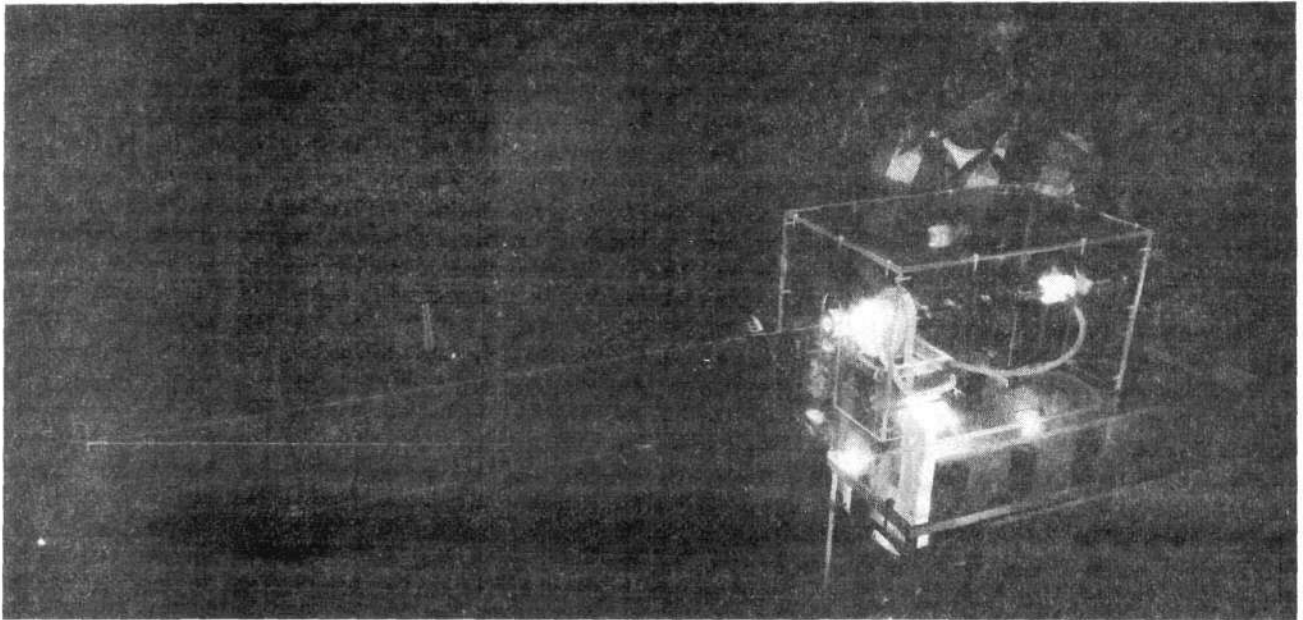
Hipótesis de la hipótesis superior: el hecho de que la aplicación venturosa del principio de la hipótesis superior conduce al aumento de la densidad relativa potencial de población supone que una sucesión de revoluciones científicas efectuadas de esa manera tiene un carácter ordenado. La cuestión de demostrar empíricamente el principio que la ordena es asimismo materia de hipótesis, la hipótesis de la noción generalizada de hipótesis superior.

Semejante hipótesis de la hipótesis superior es, en otras palabras, un principio de sucesiones ordenadas de descubrimientos científicos creadores. No tiene que ser, y tal vez no pueda ser, perfecta, pero su dominio en el curso del progreso humano describe un proceso de perfección creciente.

En esta última actividad —formular la hipótesis de la hipótesis superior— es donde reside la verdadera creatividad científica humana. La matemática susceptible de comprender la vida emerge implícitamente de la aprehensión conciente de esta actividad.

La idea corregida de la hipótesis platónica de Platón, San Agustín, Dante Alighieri, Cusa, Pacioli, Kepler, Leibniz y compañía, lograda en mucho gracias a la obra de Gauss y Riemann, nos ofrece el punto de referencia que hace falta en la práctica para el trabajo presente. La disertación inaugural de Riemann de 1854 tiene esa significación y esas implicaciones ejemplares.

El objeto discreto, tenido por evidente en la falsa noción de la naturaleza que corresponde a la multiplicidad cartesiana, se vuelve para nosotros más o menos un efímero determinado de un proceso continuo, proceso continuo que se sitúa para nosotros en referencia a la hipótesis de la hipótesis superior. Tiempo, espacio y materia pierden para nosotros la ingenuidad de su evidencia como datos de los sentidos, y lo único que conserva autoridad para el trabajo científico es la autoelaboración de procesos que subsumen adecuadamente la interdependencia relativista de los tres en tanto aspectos de un proceso continuo. La realidad, la verdad, se localiza para nosotros en la "mediación" de las transformaciones que determinan cambios de fase relativistas en los procesos. Con esto, nos enfilamos a abandonar cualitativamente el ingenuo punto de vista del hedonismo. Ya no vemos en los objetos sensibles discretos cosas irreductibles y de suyo evidentes, sino que más bien determinamos que la forma irreductible y sustancial de la realidad



Una de los instrumentos más prometedores para el estudio de la vida son los láseres. El estudio mismo de los procesos alineales de la física de los láseres alumbrará muchas incognitas del proceso de la vida.

es como la del verbo 'crear', 'hacer que exista'. Sólo las transformaciones negatoentrópicas en los procesos representan la sustancialidad del universo, la sustancialidad de la multiplicidad continua, el dominio complejo de la multiplicidad continua.

El punto de vista judío-cristiano en la ciencia

En términos generales, el progreso científico se estancó más o menos del siglo 4 antes de Cristo al siglo 15 después de Cristo en Europa occidental. En ese lapso se hizo trabajo de importancia, gracias al Renacimiento Árabe y demás, pero en lo tocante a la ciencia física ese trabajo fue, ante todo, reafirmación de lo ya alcanzado para el siglo 4 antes de Cristo, época del trabajo combinado del templo de Amón en Cirene y la Academia de Atenas. No es que desprecie esas reafirmaciones; pero tampoco debemos confundir su mérito relativo con el progreso generalizado en la condición mental humana.

El genio de la civilización occidental judío-cristiano, ejemplificado por la influencia de Filón de Alejandría en el judaísmo y por la defensa que hizo San Agustín de la obra de los Apóstoles (en contra del gnosticismo bizantino), es la fuerza esencial sin la que no hubiera sido posible la gran explosión de progreso científico que se desató en el siglo 15 con la obra de Cusa (más destacadamente).

En parte, este genio específico de la cultura judío-cristiana se localiza en el mandato del libro del Génesis a la humanidad: "Fructificad y multiplicaos; y henchid la Tierra, subyugadla." Este mandamiento obliga a judíos y cristianos a realizar el progreso de la técnica. La posibilidad del progreso sostenido de la ciencia y la técnica se expuso en los trabajos de la Academia de Platón en Atenas —la Academia de Solón en Atenas— en un sentido que se expresa de manera concentradísima en el *Timeo* de Platón, donde se demuestra que los principios del descubrimiento científico creador se conforman a cierta forma de monoteísmo, el

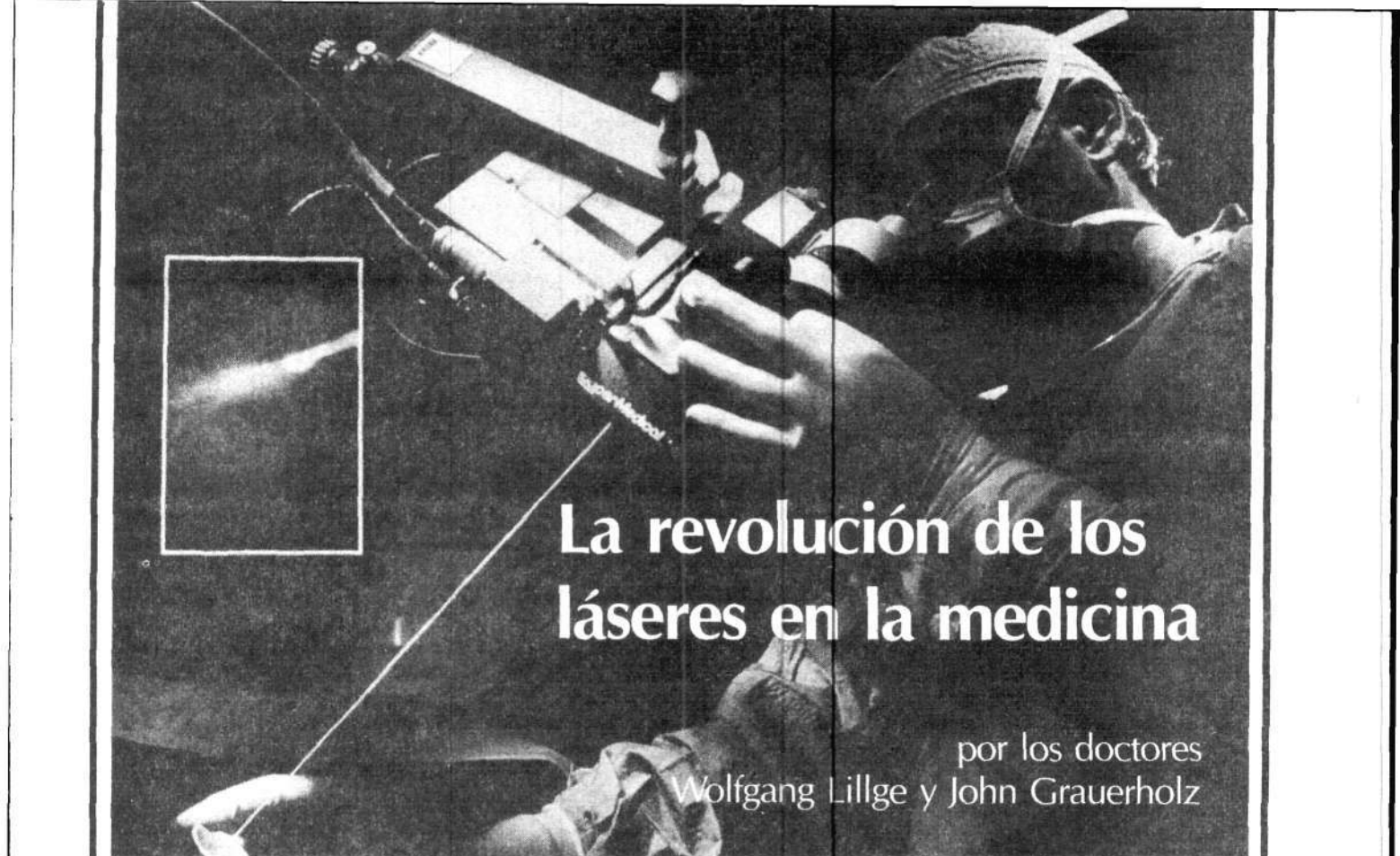
monoteísmo de Filón y de los Apóstoles cristianos.

En Platón, el principio de la hipótesis de la hipótesis superior se define como la actividad mediante la cual la humanidad puede perfeccionar la armonía entre el conocimiento humano y la voluntad universal de Dios, el *Logos*, la consustancialidad del Compositor y los principios universales necesarios de la composición del universo. El principio que se expresa en el *Filioque* de la liturgia latina occidental, formulado por San Agustín, ve en Cristo el estado perfecto de existencia moral, de modo que la voluntad del Compositor, el *Logos*, fluye eficientemente tanto de Cristo como del Compositor, y que el deber principal de la humanidad es vivir a imitación de Cristo.

Así, el que la médula cultural de la civilización judío-cristiana palpita dentro de las corrientes republicanas de la civilización occidental a partir de San Agustín le dio a la civilización de Europa occidental una capacidad superior para producir y asimilar progreso científico, por cuanto en ella se concibe que la debida relación del hombre mortal con el Compositor sea seguir la senda de la hipótesis de la hipótesis superior. La plena elaboración de esta posibilidad por parte de Cusa y otros durante el Renacimiento Dorado abrió las puertas a los logros del genio de la civilización europea occidental de los últimos 500 años.

El obstáculo principal al progreso científico en nuestros días no es la falta de educación formal, sino la falta de educación moral adecuada, la carencia en el individuo de una idea de sí mismo que corresponda a lo que implica la hipótesis de la hipótesis superior; la ausencia, pues, de criterio propio.

Por tanto, escoger el combate a las enfermedades de la vejez como área central de una renovada y vigorosa indagación del principio de la vida reafirma la idea moral del hombre que es indispensable a la investigación científica en la materia. Hay coherencia entre el valor moral de la obra que se elige y la calidad de lo que se realiza.



La revolución de los láseres en la medicina

por los doctores
Wolfgang Lillge y John Grauerholz

El perfeccionamiento de los láseres y recursos técnicos similares representa una revolución para la investigación biológica y química, así como una profunda transformación en las posibilidades de la medicina y la química industrial. Las técnicas con las que ya contamos y las que pronto estarán a nuestra disposición en estas áreas son meros ejemplos del cambio tecnológico más profundo que haya habido desde la invención de la máquina de vapor, que nos condujo a la primera revolución industrial.

El uso de láseres ya ha modificado la medicina en varias áreas especializadas, principalmente como un instrumento quirúrgico. En el curso de los próximos cinco años, la aplicación de las técnicas derivadas de la investigación de métodos de concentración y dirección de energía del Plan de Defensa Estratégica de los Estados Unidos, ampliará enormemente esas aplicaciones.

Así, por ejemplo, entre las áreas más prometedoras se encuentra el uso de rayos equis monocromos de gran intensidad, producidos por una máquina llamada sincrotrón, para lo que se llama *angiografía coronaria*, o sea, observar las arterias que irrigan al propio corazón.

La nueva técnica angiográfica abaratará el diagnóstico de la obstrucción de las arterias coronarias y eliminará las dificultades del método presente, que consiste en hacer una incisión en una arteria, insertar una sonda e inyectar un tinte en las coronarias. Esta técnica trae muchas complicaciones, inclusive ataques al corazón y muerte súbita. Aun los angiogramas más sencillos requieren anestesia y el paciente tiene que hospitalizarse, aparte de sufrir la incomodidad de la cicatrización de las incisiones necesarias para insertar el catéter.

La misma información se puede obtener con sólo una pequeña inyección en una vena del brazo y el sincrotrón de rayos equis, junto con técnicas de mejoramiento de imágenes. Esto facilitará el empleo de la angiografía para examinar a pacientes asintomáticos que pudieran tener alguna enfermedad coronaria dado su historial familiar u otros factores. Se podrá asimismo estudiar los efectos del tratamiento médico o de la dieta en enfermos del corazón.

Bisturíes de luz

El uso de láseres en cirugía se ha difundido ampliamente y en algunos casos son el único instrumento utilizable. La retinopatía diabética, que hace diez años era una enfermedad sin remedio, ahora se puede tratar con láseres, que se emplean para sellar los vasos sanguíneos sangrantes, que antes terminaban por cegar al paciente.

La mayoría de los láseres que se emplean en medicina generan calor en los tejidos. En el caso de tumores, el calor se aprovecha para destruir el tejido; en otros casos, como en el tratamiento del desprendimiento de la retina, sirve para coagular o fundir tejidos. Pero esta cualidad se convierte en un problema a la hora de querer aplicar los láseres en cardiocirugía o angiocirugía.

Uno de los problemas es que el calentamiento aumenta la posibilidad de que la sangre forme coágulos, precisamente lo que se trata de evitar en las arterias coronarias. Otro es el riesgo de perforar las delicadas arterias que rodean el tejido al cual se aplica el láser. Estos problemas se resolverán cuando se aplique el *excímer* (del inglés *excited dimer laser*).

El excímer produce breves descargas de rayos de luz ul-

travioleta que descompone las moléculas de la placa arteroesclerótica sin calentar el tejido que rodea al área que se irradia. Las descargas de luz crean una onda de choque que rompe los enlaces químicos de las moléculas en la placa, vaporizándolas en bióxido de carbono, hidrógeno y otros fragmentos. Cada chispazo corta apenas unos micrones de tejido, con pasmosa precisión, reduciendo al mínimo la posibilidad de perforarlo. Los pulsos son extremadamente cortos; duran entre 10 y 100 milmillonésimas de segundo.

La descarga se hace llegar por medio de un catéter de 1,5 milímetros de diámetro, que contiene tres filamentos ópticos flexibles. Uno de ellos conduce la energía del láser, otro lleva luz para iluminar el área de trabajo y el tercero permite al cirujano ver lo que hace. Se calcula que el instrumento completo costará unos 100.000 dólares. El paciente podrá ir al hospital a que le limpien las arterias coronarias en pocos minutos, y muy probablemente no tenga que internarse.

Cuando uno considera que tan sólo en los Estados Unidos, a más de 170.000 pacientes se les operó en 1982 para abrir una vía secundaria de circulación sanguínea (*bypass*), a un costo promedio de 20.000 dólares por persona, es fácil ver que tan económico sería generalizar el uso del nuevo instrumento quirúrgico.

Esta técnica se puede combinar con el nuevo método de angiografía que mencionamos arriba; es decir, diagnosticar la enfermedad de las coronarias antes de que dañe el corazón e instituir una terapia barata para ese temible mal. Pacientes a los que no se los puede operar por la severidad de su enfermedad podrán librarse de ella gracias a estos recursos.

Nuevo instrumental

El Laboratorio Nacional de Los Alamos, en los Estados Unidos, anunció hace poco el perfeccionamiento de dos nuevos instrumentos de laboratorio para detectar con rapidez muchas enfermedades peligrosas. Uno de ellos servirá para reconocer virus en pocos minutos, en vez de los dos a 14 días que tardan los métodos utilizados hoy día.

El otro servirá para reconocer en pocas horas bacterias, hongos y protozoarios en pacientes que tengan alguna enfermedad infecciosa provocada por estos microorganismos. Las enfermedades infecciosas son una de las principales causas de muerte en los Estados Unidos. Los laboratorios microbiológicos de hoy no dan información oportuna al médico; cuando se obtienen los resultados, el médico tomó ya una decisión terapéutica basado en la sintomatología o la enfermedad ha avanzado demasiado. El informe del laboratorio sirve sencillamente para negar o corroborar el diagnóstico del médico.

Los análisis microbiológicos actuales se hacen mediante el cultivo del microorganismo. Pueden tomar días o semanas, según el tipo de microorganismos de que se trate y las técnicas inmunológicas que se empleen para reconocerlos, que generalmente tardan de dos a cuatro horas. Además, estos métodos son útiles cuando se trata de bacterias, hongos o protozoarios. Muy pocos laboratorios en los Estados Unidos —ya no digamos en el Tercer Mundo— están equipados para aislar virus, que causan desde el resfriado común y diversas diarreas hasta enfermedades tan temibles

como el herpes encefálico.

El herpes encefálico puede matar hasta el 70 por ciento de los individuos infectados, y los que sobreviven quedan con serios daños cerebrales. El tratamiento inmediato con medicamentos efectivos contra el virus puede reducir la mortalidad hasta en 50 por ciento, pero la enfermedad no se puede diagnosticar a menos que se reconozca con rapidez el virus.

Los instrumentos de Los Alamos miden la dispersión a la derecha o a la izquierda que provocan los microorganismos en la luz polarizada de un láser. Es decir, en esta técnica espectrográfica se mide la dispersión diferencial de la intensidad circular de la luz, lo cual toma apenas cuatro minutos. Cada microorganismo presenta un espectro característico, que permite reconocerlo.

La aplicación de este método promete ayudar a detectar en sangre donada el virus al que se atribuye el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Los experimentos que se han hecho permiten reconocer en realidad los anticuerpos que produce el organismo en presencia del virus, y todavía no es claro hasta qué punto ayudará ello a reconocer y combatir el virus mismo. En algunos casos, la presencia de anticuerpos pudiera indicar la infección; pero en otros, inmunidad al ataque. Quizá la transfusión de la sangre en este caso ayudara a aumentar la resistencia a la enfermedad.

Otro instrumento derivado de los adelantos en materia de láseres es el **citómetro de flujo**. Este aparato suspende



Figura 2

El médico emplea un periscopio flexible, combinado con un láser dirigido a través de un tubo, y dispara descargas cortas de energía que destruyen el tumor, mientras su colega supervisa en la pantalla la efectividad del láser. Un aparato similar se utiliza en la cirugía con láseres en enfermedades coronarias.

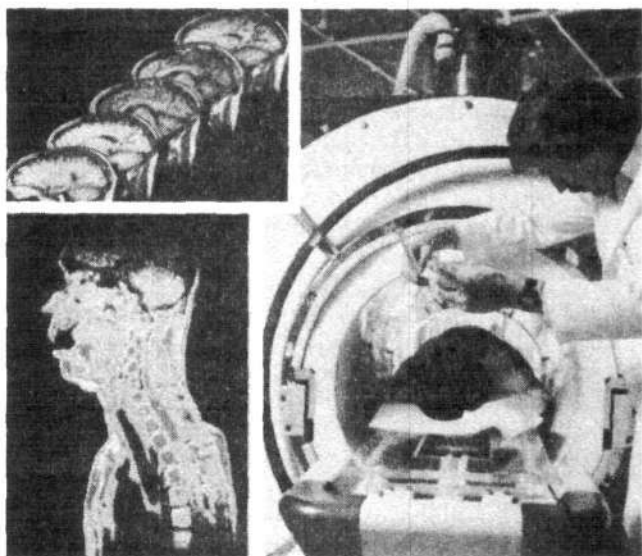


Figura 3

El aparato de resonancia magnética nuclear reproduce las imágenes de secciones del cerebro y el interior de la parte superior del cuerpo, como se ve en el cuadro superior izquierdo.

células y aun moléculas en un líquido y las hace pasar por una cámara de flujo a razón de hasta 20.000 por segundo. Las células se iluminan con láseres de diferentes frecuencias cuando pasan por la cámara, y se mide el grado de absorción o dispersión de la luz, o la fluorescencia de las moléculas excitadas por el láser.

El citómetro de flujo sirve para detectar y aislar células cancerosas o protocancerosas. Las mudanzas que sufran las células se pueden reconocer con rapidez y un alto grado de precisión con un método llamado *inmunofluorescencia con láseres*, el cual detecta anticuerpos ligados a los antígenos de la superficie celular.

Los antígenos son por lo general moléculas protéicas, a veces combinadas con azúcares, que forman parte de la membrana celular. Los antígenos se encargan de estimular el sistema inmunológico a producir los anticuerpos que se les asocian. En la actualidad, muchos análisis clínicos utilizan isótopos radioactivos o enzimas para marcar los antígenos. El método es caro y requiere muchos pasos. El citómetro de flujo emplea un fotómetro para medir la fluorescencia intrínseca de los complejos antígeno-anticuerpo con una sensibilidad dos órdenes de magnitud mayor que el método que emplea isótopos radioactivos, y requiere sólo un paso antes de pasar la muestra por el citómetro.

Microscopía y holografía con rayos equis

En los últimos años se ha progresado mucho en el empleo de rayos equis para obtener imágenes de muestras orgánicas hidratadas, y quizá pronto se produzcan hologramas tridimensionales de organismos vivos con resolución y contraste nunca vistos. Esto puede superar la desventaja esencial del actual microscopio electrónico, esto es, que meramente puede observar materia muerta.

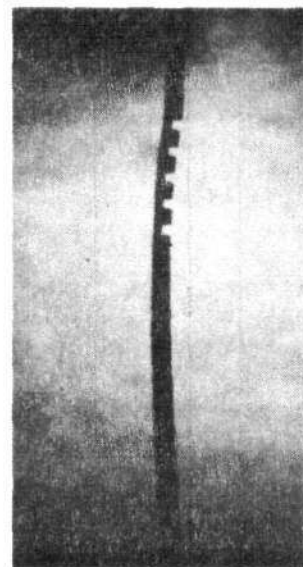


Figura 4

Ahora los láseres pueden sellar la hemorragia en los vasos sanguíneos en el ojo, que en otras épocas provocaba inevitablemente ceguera.

Arriba: el láser genera calor que sirve para coagular o fundir el tejido, en el tratamiento de desprendimiento de la retina.

Abajo: disparos de los nuevos láseres fríos, en una técnica tan precisa que puede producir cortes microscópicos finos en un cabello humano sin quemarlo. Sus primeros usos médicos se investigan en la Universidad Presbiteriana de Columbia. Los cortes que se muestran en la fotografía se hicieron con 120 pulsos de láser en menos de 10 segundos.



En muchos laboratorios de los Estados Unidos se trabaja en el perfeccionamiento de la obtención de imágenes con rayos equis. Debido a que los rayos equis suaves no cambian significativamente por la presencia de aire o agua, es fácil llevar a cabo experiencias con muestras vivientes, cuya actividad se puede estudiar directamente hasta por varias horas.

Ya se ha logrado un gran adelanto en la microscopía con rayos equis, usando una fuente capaz de emitir destellos intensos de rayos equis de tan sólo 50 nanosegundos. Se espera lograr mejor resolución y contraste en la imagen conforme se pueda sintonizar la fuente de rayos equis a la longitud de onda característica de un elemento biológico particular y generar así imágenes de estructuras celulares que contengan una concentración de esos elementos.

Pero la holografía con rayos equis, que produce imágenes tridimensionales, promete todavía más al estudio de

las estructuras celulares. Esta técnica está ya a la vuelta de la esquina, según demuestran los experimentos que se han hecho en laboratorios de los Estados Unidos. Para amplificar aún más la imagen hacen falta láseres de rayos equis prácticamente monocromos y con longitud de onda todavía menor, lo cual parece ser sólo cuestión de tiempo. Es muy emocionante la idea de poder ver un proceso vivo en tres dimensiones, tal y como ocurre en el reino microscópico. Se abrirán áreas de investigación en biología y medicina que hasta ahora no era posible penetrar, especialmente en lo que atañe a las estructuras y cambios de estructuras que acompañan a los procesos de la vida.

Otra ventana al interior del cuerpo humano

La obtención de imágenes por *resonancia magnética nuclear* es una técnica de diagnóstico médica que pudiera emplearse también como instrumento de terapia, especialmente en el tratamiento de cáncer. Consiste en observar las estructuras anatómicas por medio de campos magnéticos intensos.

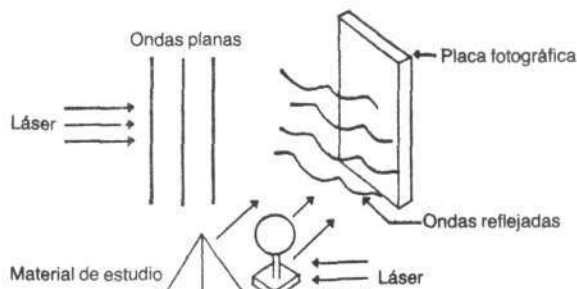
Para hacer la observación, se aplica al organismo un campo magnético intenso, que alinea los espines de los protones de hidrógeno del agua y otras sustancias. Al superponer otro campo, con una frecuencia dentro del rango de las ondas de radio, se observan las características de absorción y de emisión de esos protones. Una computadora se encarga de recolectar todos estos datos en una imagen precisa del tejido en cuestión.

El tejido canceroso absorbe y emite energía a frecuencias ligeramente diferentes a las del tejido normal. Es posible

—y el doctor James Frazer del Centro Médico de Tejas trabaja en este aspecto— observar el tejido canceroso en una pantalla y luego aumentar la energía dirigida al tumor. Lo que se espera es que el tejido canceroso se caliente selectivamente y que ello mate a las células cancerosas sin afectar al tejido sano. De tal manera que el aparato de resonancia magnética nuclear puede servir tanto de instrumento de diagnóstico como de recurso terapéutico. Si el tratamiento hipertérmico se combina con quimioterapia e irradiación, el efecto se todavía mejor.

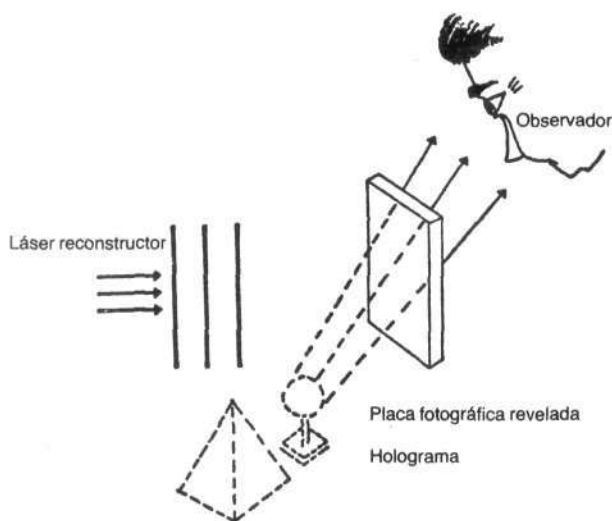
Un factor limitante ha sido hasta ahora interpretar la enorme cantidad de datos que se reciben. Pudiera recurrirse a la técnica de computación electrónica que emplea el *Landsat* para examinar y componer imágenes de la superficie terrestre. El año pasado se suministraron a la computadora del *Landsat* datos obtenidos por medio de resonancia magnética nuclear, para que los analizara exactamente de la misma manera que si hubieran sido datos de la superficie de la Tierra tomados desde el satélite. Las imágenes multispectrales se redujeron a una sola imagen real y en color.

El trabajo lo realizan en común físicos e ingenieros del centro espacial John F. Kennedy de la NASA, la universidad de Florida y el centro médico de la Universidad de Washington en San Luis. Los colores generados por la computadora harán que la imagen parezca tan real como sea posible y realzan la información. Como dijo uno de los científicos que trabaja en este proyecto: "La técnica de observación desde satélites ha abierto una nueva ventana en el cuerpo humano para los investigadores".



Cómo se construye un holograma

Para hacer un *holograma*, se ilumina el objeto o proceso con luz proveniente de un láser, y la luz que refleja se registra en una placa fotográfica. Simultáneamente, se registra en la misma placa las llamadas *ondas de referencia*, que son generalmente ondas simples de un láser que interfieren con las primeras, las que reflejó el objeto o proceso holografiado. Para ver el holograma, la placa fotográfica se revela y se ilumina con la misma luz de láser que se utilizó como referencia.

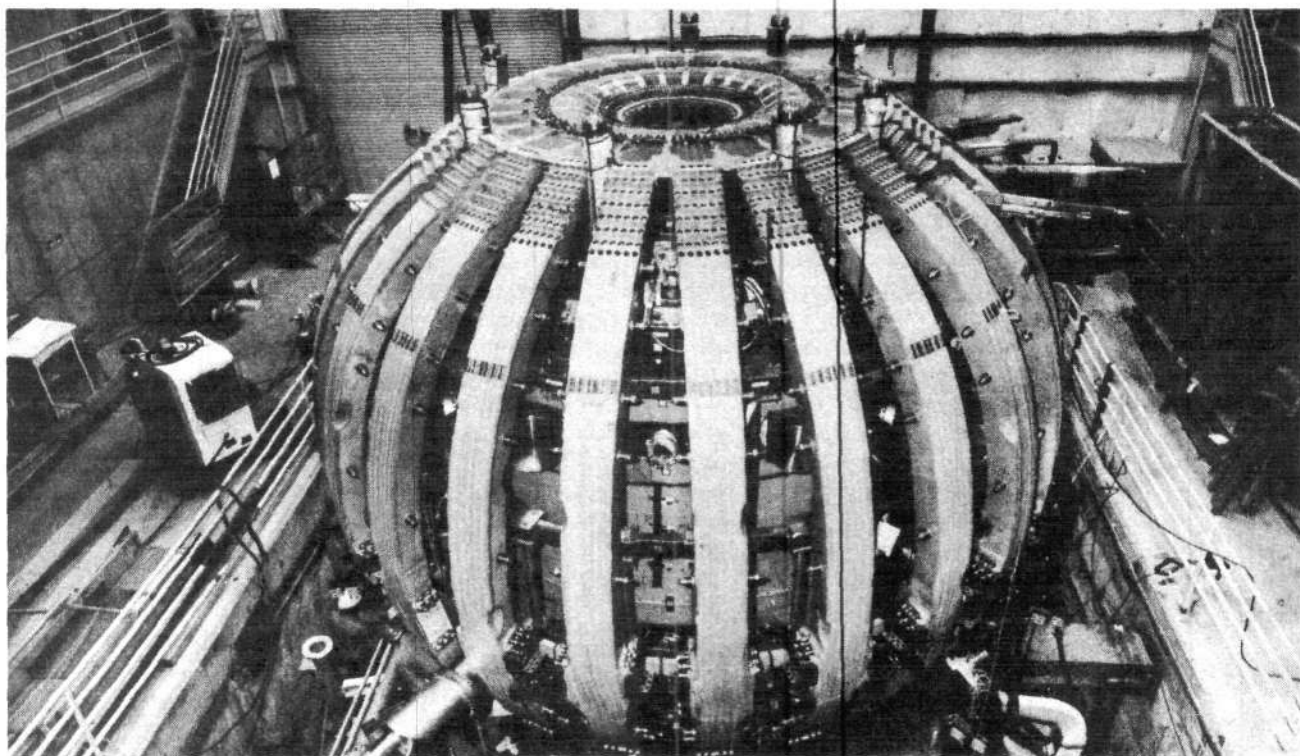


Adaptado del libro de Winston E. Kock *Lasers and Holography*.

El joven científico

El tokamak: la energía de las estrellas en la Tierra

por Charles Stevens



El tokamak Doublet III de la General Atomic es la máquina experimental de fusión más grande del mundo construida por una compañía privada. Para aumentar la densidad y la estabilidad, el Doublet contiene al plasma en forma de 8.

A fines de 1982, los científicos del Laboratorio de Física de Plasmas de Princeton, Nueva Jersey, en los Estados Unidos, completaron una máquina de hacer estrellas artificiales: una máquina de fusión. Al igual que el Sol, las estrellas que se pueden fabricar en esa máquina producen grandes cantidades de energía, al unir átomos de hidrógeno para formar átomos de helio.

Una vez logrado eso, podemos ya buscar los medios para sujetar la energía de fusión y producir electricidad con ella, antes de que llegue el año 2000. Ese será un gran momento de la historia, porque entonces toda la humanidad podrá usar energía de fusión para calentar sus casas y hacer andar sus fábricas por miles y miles de años.

El combustible para producir energía de fusión es una clase especial de hidrógeno que se llama **hidrógeno pesado**. El hidrógeno pesado se puede encontrar en el agua de mar común y corriente. Es fácil de obtener, y muy barato. Cuando se "quema" en una central de energía de fusión, el hidrógeno pesado que hay en un litro de agua de mar equivale a la energía que tienen 300 litros de gasolina. Con unas

cuantas libras de hidrógeno pesado puro bastaría para darle energía a una ciudad grande por varias semanas. ¡Y en los mares hay suficiente combustible de fusión para darle energía al mundo entero por millones de años!

Cómo funciona la fusión

La mayoría de los átomos de que está hecha la Tierra fueron creados en algún momento por la fusión de átomos de hidrógeno. Ese proceso se llama **fusión nuclear**. Hasta hace apenas unos años la fusión nuclear sólo ocurría en los centros de las estrellas, que son muy densos y calientes. Cuando la temperatura es muy alta, de decenas de millones de grados, los átomos de elementos livianos como el hidrógeno pueden fundirse para formar átomos de elementos más pesados.

La enorme masa de una estrella genera un campo de gravedad muy intenso. Este campo de gravedad produce la alta temperatura que se necesita para encender la fusión nuclear. Y también mantiene junto el combustible de fusión mientras la estrella "arde".



Se calcula que en unos 100 años se agotarán todas nuestras reservas de carbón, petróleo y combustible nuclear. Pero el combustible de fusión, el agua de nuestros océanos durará mil millones de años.

Los científicos tratan de atrapar esa "energía de las estrellas" aquí en la Tierra, en las máquinas de energía de fusión. Ya que este proceso habrá que gobernarlo, se le conoce como fusión termonuclear gobernada, a diferencia de la energía de fusión de las estrellas, que no es gobernada.

Para las estrellas artificiales que se han fabricado en los laboratorios, los investigadores de la fusión han diseñado campos de fuerza magnética que sujetan el combustible de fusión y evitan que pierda calor. De este modo, una vez que el hidrógeno combustible alcanza la temperatura de fusión, es posible mantenerlo junto y a esa temperatura. Los científicos le dicen a este sistema magnético, con que capturan "estrellas" aquí en la Tierra, **botella magnética**.

El tipo de botella magnética que mejor ha funcionado para contener el ardiente combustible de fusión es el **tokamak**. Tokamak quiere decir en ruso "rosca con corriente eléctrica", que es una buena descripción de la máquina de fusión.

El tokamak fue inventado por científicos soviéticos. Cuando los soviéticos obtuvieron en su botella magnética temperaturas casi tan altas como para encender la fusión, los científicos de otros países empezaron a interesarse en el tokamak. A principios de los setentas se construyeron varias máquinas tokamak en los Estados Unidos y otros países.

Cómo funciona el tokamak

Si observas una de esas lámparas fluorescentes de neón que se usan en algunas cocinas, verás varias cosas muy parecidas al tokamak. Cuando enciendes la luz, fluye una corriente eléctrica por un gas que hay dentro del tubo en forma de rosca. Ese gas da una luz ultravioleta, y cuando esa luz da en el revestimiento **fluorescente** en el interior del tubo, se produce mucha luz blanca.

En cierto sentido, la lámpara fluorescente es un tipo de tokamak: una rosca con una corriente eléctrica adentro. Pero en un tokamak de verdad, se introduce a la rosca una corriente eléctrica mucho mayor. Y el tokamak, en lugar de gas fluorescente, contiene hidrógeno pesado combustible.

El hidrógeno es un gas, y también da luz cuando se calienta. Pero si calentamos el hidrógeno a suficiente temperatura —más de 50 millones de grados centígrados— los átomos de hidrógeno sufren **fusión nuclear** y se genera

energía. Al igual que en el Sol, la energía de fusión saldrá del gas hidrógeno en forma de luz y calor. Esa energía puede usarse después ya sea para generar electricidad o para impulsar fábricas.

El tokamak es incapaz por sí mismo de llegar a la temperatura necesaria para generar fusión. Es decir, no basta tan sólo el calor proveniente de la corriente eléctrica. Por lo tanto, hay que agregar otros calentadores para elevar aún más la temperatura. Una de las maneras en que lo logran los científicos es empleando **microondas**. Del mismo modo que las microondas nos calientan la comida en un horno de microondas, cuando se introducen microondas al tokamak, éstas "cocinan" el gas hidrógeno a una temperatura más alta.

Otro método para aumentar el calentamiento es empleando **calentadores de haces neutrales**. (En la foto del tokamak ISX puedes ver los calentadores de haces neutrales). Estos funcionan de manera semejante a un aparato de televisión. En un televisor se genera un haz de electrones muy caliente. Estos electrones chocan contra la pantalla de televisión, que tiene un revestimiento fluorescente que se ilumina cuando lo calienta el haz de electrones calientes. De ese modo se produce la imagen de la pantalla de televisión.

Cómo se convierte el agua

La materia toda está compuesta de átomos, que se juntan y forman moléculas. El agua, por ejemplo, se llama H_2O porque en cada molécula tiene dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O). El centro de cada átomo se llama **núcleo**, el cual tiene partes más pequeñas que se llaman **protones** y **neutrones**. El número de protones es el que dice de qué clase de átomo se trata; el hidrógeno, por ejemplo, siempre tiene un sólo protón. Pero el número de neutrones puede cambiar, sin que cambie la identidad del átomo.

La mayoría del agua de los mares tiene átomos de hidrógeno con un solo protón y sin neutrones. Pero una parte de esa agua se llama **agua pesada**, porque sus átomos de hidrógeno tienen neutrones; son más pesados que los otros átomos de hidrógeno, pero siguen siendo hidrógeno, y la molécula sigue siendo H_2O , agua.

Cuando se divide un átomo y su núcleo se descompone en partes más pequeñas, a eso le llamamos **fisión nuclear**. La fisión nuclear es la que da la energía en las centrales nucleares modernas. Pero cuando los núcleos de dos átomos diferentes se juntan o fusionan, a eso le decimos **fusión nuclear**. La fusión es lo que sucede constantemente en el Sol y en las estrellas, y de ahí viene toda su luz y su energía.

La energía de fusión que procuran producir los científicos en la Tierra viene de hacer juntar los núcleos de dos átomos de hidrógeno para formar un átomo de helio. El núcleo del helio tiene dos protones y dos neutrones. Así que los científicos usan un átomo

Para calentar un tokamak, en lugar de electrones se usa un haz de átomos eléctricamente neutrales. Sólo un átomo sin carga eléctrica puede penetrar el campo de fuerza magnética que compone la botella tokamak.

Cómo funcionan las botellas magnéticas

Hasta ahora hemos visto cómo hacer un tokamak: una rosca de gas que lleva corriente eléctrica. Enseguida, empleando microondas o haces neutrales, encontramos también la manera de calentar el gas dentro del tokamak hasta la temperatura de fusión.

Pero si tratáramos de obtener fusión de este modo, todavía no nos daría resultado. El calor que introduzcamos al gas hidrógeno simplemente escapará antes de cocinarlo hasta la temperatura de fusión. Para resolver ese problema, tenemos que ingeniar una botella que retenga el calor en la rosca de gas hidrógeno.

Una botella de gas ordinaria no podría resistir sin derretirse a la temperatura de fusión, 50 millones de grados, aunque fuese de barro refractario.

Lo fascinante de la fusión es que la solución para atrapar el hidrógeno caliente en el tokamak el tiempo suficiente para sostener la reacción de fusión está dentro del mismo gas hidrógeno. El hidrógeno supercaliente puede formar

su propia "pared" para contener la reacción de fusión. El motivo de que el hidrógeno dé luz y cargue corriente eléctrica cuando se le aplica mucho calor es que se "electrifica". Cuando la materia se electrifica se llama **plasma**.

El plasma es muy distinto de las formas en que comúnmente encontramos la materia. En la Tierra, por lo general se encuentra la materia en forma sólida, líquida o gaseosa. El plasma es una cuarta especie de materia, con propiedades nuevas. De hecho, casi toda la materia del universo—el

en energía de fusión

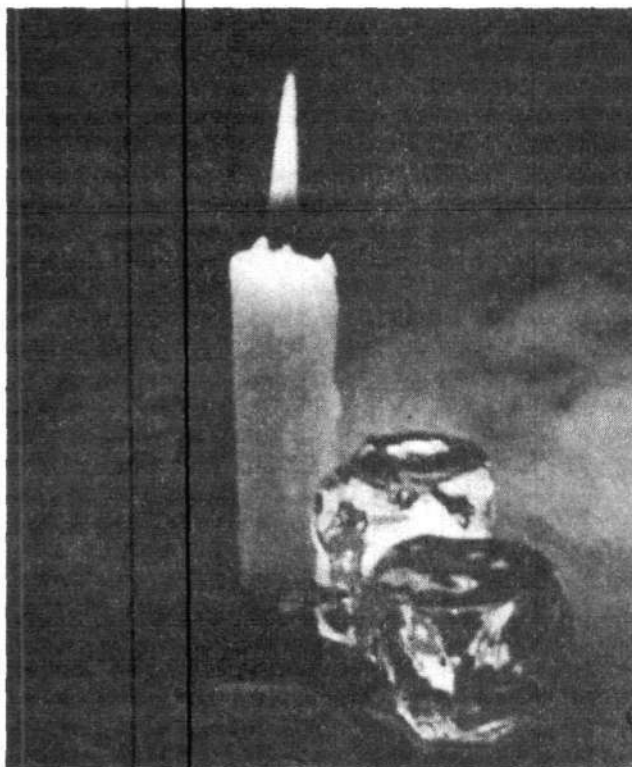
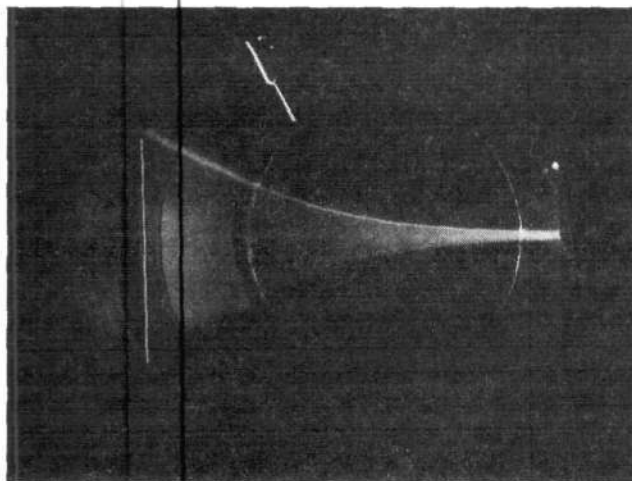
mo de hidrógeno pesado, llamado *deuterio*, que tiene un neutrón en el núcleo. También usan otro átomo de hidrógeno que fabrican en el proceso de fisión nuclear, que tiene dos neutrones además del protón. Ese átomo especial se llama **tritio**.

Cuando se "comprimen" esos dos átomos de hidrógeno en un plasma de fusión de gran temperatura, los neutrones y los protones se entrecruzan todos y se convierten en un átomo de helio. Comenzamos con dos protones, uno de cada átomo de hidrógeno, y también terminamos con dos protones, porque el átomo de helio siempre tiene dos protones en el núcleo.

Pero ¿qué pasa con los neutrones? Recuerda que en total teníamos tres neutrones: un neutrón en el átomo de deuterio y otros dos en el de tritio. Pero el átomo de helio sólo acepta dos neutrones, así que el otro sale despedido con gran fuerza.

De ahí viene la mayoría de la energía del proceso de fusión. La energía del movimiento—o energía cinética— del protón se puede convertir en energía de calor y luego en electricidad, al igual que en una central eléctrica en la que se quema petróleo o carbón.

La principal diferencia es que de la fusión se obtiene mucho más energía que de la combustión de petróleo. Si para calentar y comprimir el combustible se emplean 10 unidades de energía, de los neutrones veloces se obtienen 18.000 unidades de energía. La energía de fusión es la fuente de energía más pura y eficiente que se conoce, y además sólo consume agua.



La materia puede existir de cuatro formas diferentes: sólido (el hielo); líquido (el agua); gas (la nube de vapor); y plasma (la llama de la vela).

99 por ciento— está en forma de plasma, porque está en estrellas muy calientes.

Una de las cualidades especialísimas de esta forma de la materia es que el plasma está **electrificado**, y por consiguiente responde a los campos de fuerza eléctricos.

Toda corriente eléctrica crea un campo invisible de "fuerza eléctrica", que se llama **campo magnético**. Y ese campo de fuerza magnética aguanta cualquier temperatura sin derretirse, ya que no se compone de materia. Pero, para un plasma, el campo de fuerza magnética funciona como si fuera una pared. Así que se puede formar con los campos magnéticos una botella que impida que se salga el calor del combustible mientras lo calentamos hasta la temperatura de fusión.

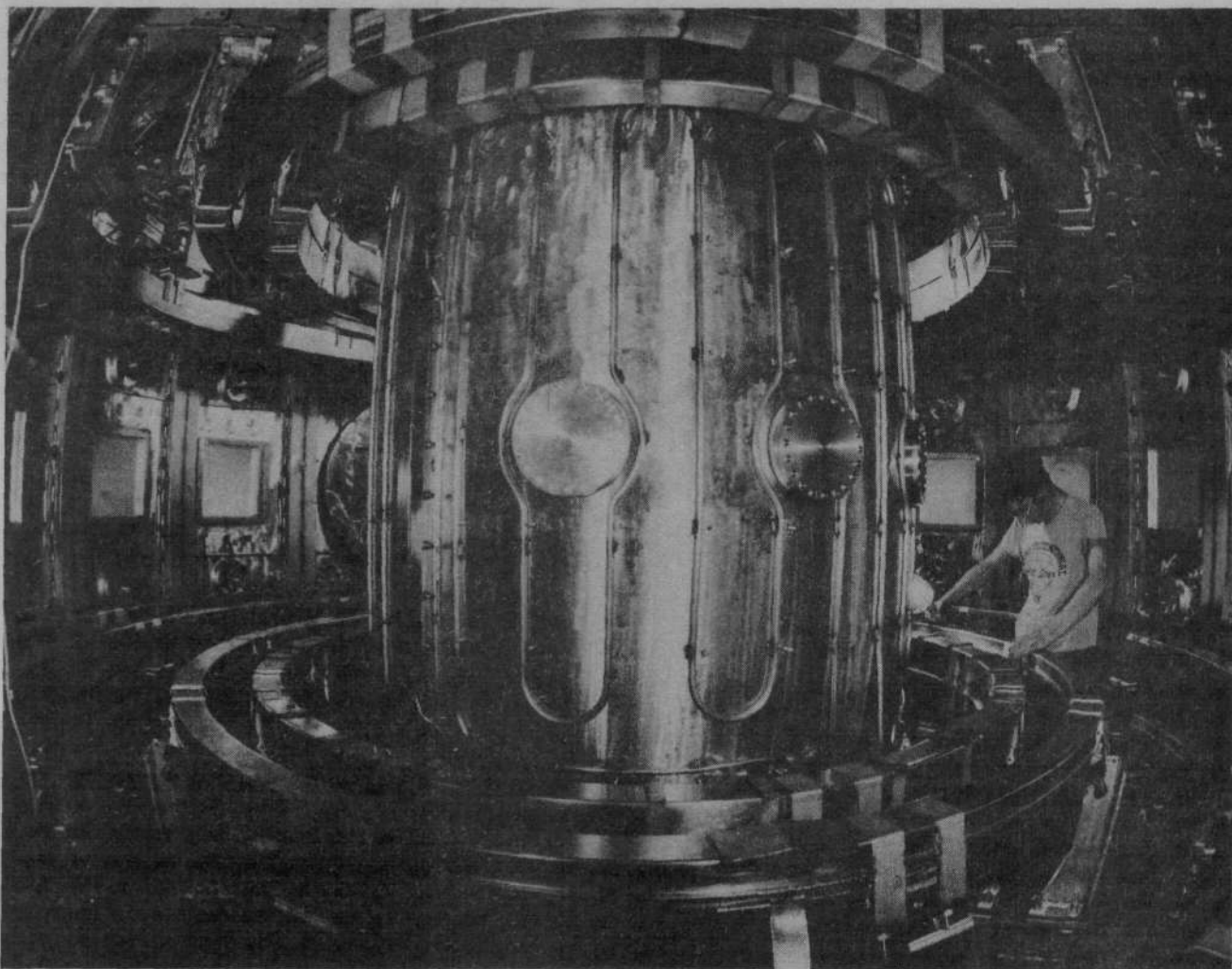
En un tokamak el campo magnético se crea mediante electroimanes circulares colocados alrededor del recipiente en forma de rosca que contiene el gas. Los electroimanes son unos aros metálicos que se vuelven imanes cuando se les hace pasar corriente eléctrica. Eso crea un campo mag-

nético, o botella magnética, en forma de rosca. La corriente eléctrica que fluye por el gas hidrógeno ayuda también a darle forma a la botella magnética.

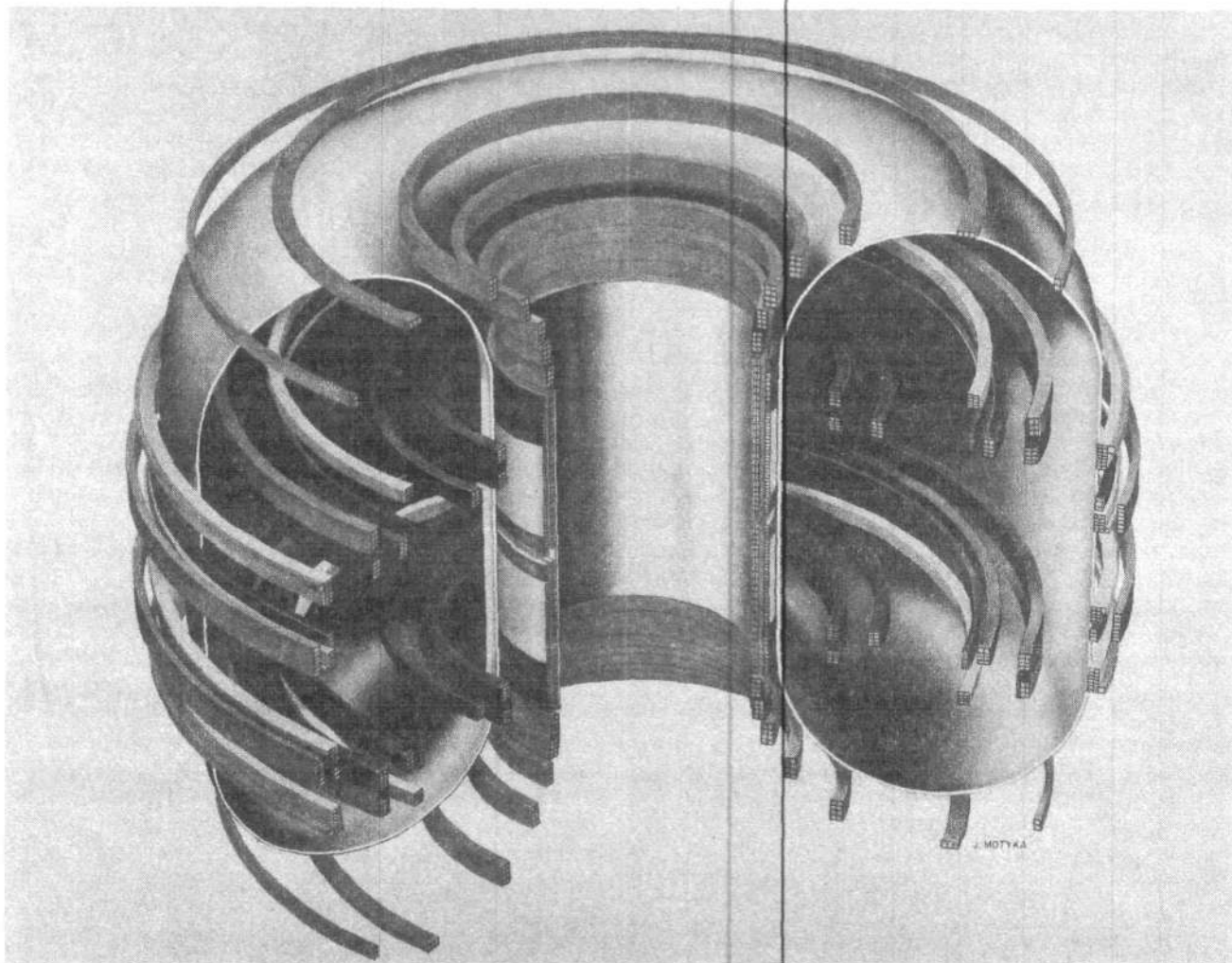
Los detalles de cómo se le da forma a esta botella magnética son muy importantes. Cualquier escape, por pequeño que sea, impedirá que el tokamak se caliente lo suficiente para que haya fusión. Además, una vez que el tokamak alcanza la temperatura de fusión, se tiene que encerrar en la botella suficiente calor para que el combustible de fusión mantenga la debida temperatura.

Vamos en camino

Casi todos los científicos que trabajan en fusión en diferentes países del mundo han demostrado que la botella magnética tokamak es muy buena para la fusión. En el Laboratorio de Física de Plasmas de Princeton, los científicos que trabajan en una máquina tokamak llamada PLT han logrado calentar el hidrógeno a 80 millones de grados, em-



El tokamak PLT del Laboratorio de Física de Plasmas de Princeton fue la primera máquina de fusión en alcanzar la temperatura necesaria para el encendido de la fusión (80 millones de grados centígrados).



En este dibujo puede verse cómo los campos magnéticos que rodean y atraviesan el PDX contienen y dan forma al plasma de fusión.

pleando calentadores de rayos neutrales. Esa temperatura es más que la necesaria para la fusión.

En todo el mundo los científicos, empleando diversos tipos de máquinas de fusión, se esfuerzan por cumplir los requisitos de un reactor de energía de fusión, económico y comercial. Las condiciones que se necesitan son:

Temperatura: Para encender el combustible se necesita una temperatura de 44 millones de grados centígrados.

Densidad: El combustible debe ser lo suficientemente denso para que cada núcleo choque con otro núcleo antes de salir del plasma.

Estabilidad: Debe contenerse el combustible el tiempo suficiente para que se produzca más energía de la que se gasta.

Pérdida de energía: El plasma debe ser muy puro, para evitar que con alguna impureza se pierda calor en las paredes del tokamak.

Densidad de potencia: La cantidad de energía por unidad de área y de tiempo tiene que ser muy grande.

Campos magnéticos: Hay que adelantar mucho la tecnología de los imanes superconductores, porque las centrales de energía comerciales necesitarán imanes gigantescos. Los imanes comunes se recalentarían con la enorme cantidad de energía que pasa por ellos. Pero los imanes superconductores están hechos de materiales tan fríos que no tienen ninguna resistencia a la electricidad y aguantan enormes cargas de energía.

En la Universidad de Princeton comenzó a funcionar en 1982 el Reactor de Prueba de Fusión Tokamak. Esta máquina pudiera ser la primera en que se produzca fusión en grandes cantidades. Los científicos están todos de acuerdo en que ese reactor tiene buenas posibilidades. Otro muy bueno es el que construyeron conjuntamente las naciones de Europa occidental y que se conoce como JET. Después se podrán diseñar plantas de energía eléctrica en las que se emplee la energía de fusión. Y más adelante, en el siglo 21, los reactores de fusión darán toda la energía que necesite el mundo.

Brasil autoriza la venta de alimentos irradiados

El Ministerio de Previsión Social de Brasil acaba de autorizar el empleo de radiación en la conservación de alimentos. La disposición autoriza la venta de 21 productos irradiados, anunció en Brasilia el doctor Jose Xavier, director de la División Nacional de Alimentos. "Estoy harto de ver que se tire la comida en un país hambriento como Brasil. Eso fue lo que pasó con las cebollas que echaron al río São Francisco porque no podían impedir que se les pudrieran", declaró el funcionario.

Brasil toma así la vanguardia, entre los países iberoamericanos, en el aprovechamiento de una técnica que permitiría reducir verticalmente en la región las pérdidas de alimentos, tanto para el consumo interno como para la exportación. Aun cuando en otras naciones iberoamericanas —entre ellas

Argentina, Colombia y Perú— se hacen estudios experimentales de irradiación de alimentos, ninguna de ellas ha iniciado o autorizado su explotación comercial.

Investigación en Colombia

El Instituto de Asuntos Nucleares (IAN) de Colombia ha experimentado con tres variedades de papa de producción nacional: la pastusa, la purace y la guantiva. La papa se irradió con dosis de 3, 6, 9, 12 y 15 kilorrads, sin que se produjera en ninguna de las variedades tóxico alguno que significara daño al ser humano. La germinación de la papa se detuvo por completo, y todos los ejemplares tratados mantuvieron sus características comestibles.

La primera variedad mantuvo sus cualidades por 11 meses, la segunda

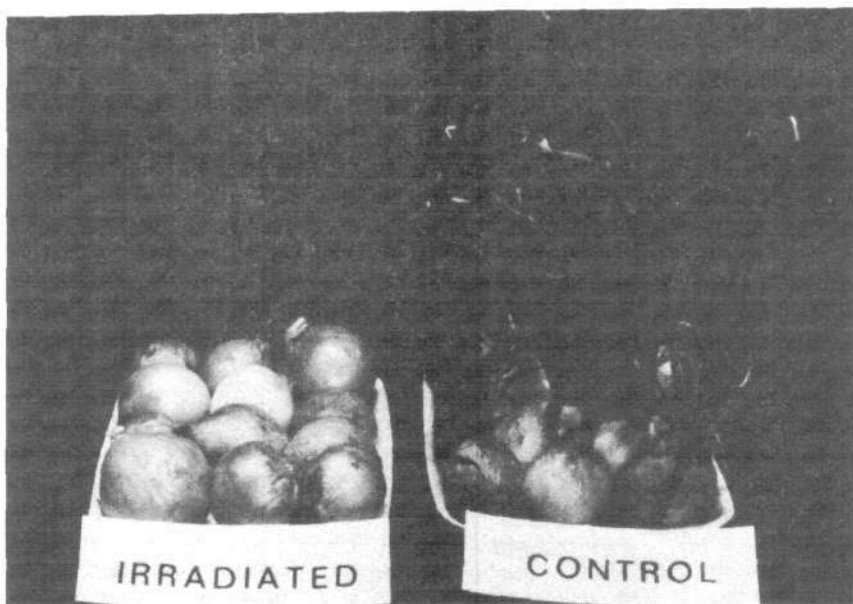
variedad por espacio de 9 meses y la última durante 7 meses. Pasado este tiempo, la papa se ablanda y adquiere una consistencia harinosa. El IAN hizo una encuesta dando a probar a la gente papa con más de cinco meses de haber sido irradiada y papa fresca. La calificación que obtuvo la papa irradiada fue ligeramente superior a la que obtuvo la papa fresca.

Prácticas similares se hicieron con el banano. Con irradiación de 30 a 40 kilorrads se logró retrasar la maduración de la fruta por 12 días, lo que permitiría a los exportadores de banano eliminar cuantiosas pérdidas. Los Estados Unidos y Japón —los principales compradores de banano colombiano— exigen que el producto llegue con un determinado grado máximo de maduración; en caso contrario, el cargamento será rechazado y tendrá que ser lanzado al mar. El banano se debe embarcar con un grado de maduración mucho menor conforme más remoto sea el destino, como ocurre en el caso del Japón.

Un solo cargamento de banano que se pierda ocasiona una pérdida mucho mayor que el costo de una nave de irradiación montada en los centros de producción. Los doce días que se retrasa la maduración mediante irradiación con rayos gama eliminarían virtualmente cualquier riesgo.

El IAN ha experimentado la técnica con pescados y mariscos, con la idea de aumentar el consumo de proteína animal en las grandes ciudades de Colombia. Dado que el pescado se obtiene en zonas relativamente alejadas de las principales ciudades del país, quienes adquieren el alimento en ellas corren hoy el peligro de consumir carne en descomposición.

El IAN probó con bagre de mar, bagre de río y camarones con dosis de 500 kilorrads, con lo cual se llega a la



La irradiación de alimentos en Iberoamérica eliminaría muchas pérdidas que ocurren simplemente porque no hay líneas de abastecimiento desde las zonas de producción agrícola hasta donde se distribuye y consume. Aquí se muestran dos grupos de cebollas, uno irradiado y otro sin irradiar, que sirve de testigo. Las cebollas irradiadas se conservan largo tiempo sin que haya brotes.

llamada radurización, proceso similar a la pasteurización por el cual se eliminan todos los microorganismos vivos que tienen los alimentos, salvo los huevos. Con este proceso, se logró mantener los productos marinos durante 12 días sin descomponerse y sin necesidad de refrigeración, tiempo suficiente para transportarlo y venderlo en cualquier ciudad del país.

También se han hecho experimentos para obtener la llamada radapertización, que consiste en eliminar el 100 por ciento de los microorganismos que se encuentran en las carnes, lo cual permitiría la conservación de los alimentos por tiempo indefinido. Sin embargo, aunque el IAN puede producir las dosis de 3000 kilorrads necesarias para este proceso, no tiene medios para envasar al vacío e impedir así que los microorganismos se reintroduzcan en los alimentos.

Pese a esos trabajos, las autoridades sanitarias no han dictado medidas para que se aproveche en Colombia esta técnica, sea por parte del Estado colombiano o de inversionistas privados.

Argentina, ¿cuándo?

En el caso de Argentina, donde la Comisión Nacional de Energía Atómica ha efectuado también un gran número de trabajos venturosos en el campo, el Código Alimentario contiene disposiciones bastantes para que se emprenda el aprovechamiento comercial de esta técnica de conservación de alimentos. Sin embargo, los intentos de hacerlo se han topado con dos obstáculos, al decir de los interesados: la asfixia financiera y la asfixia burocrática que padece el país.

Es de subrayarse que Argentina cuenta con experiencia en la construcción de plantas y equipo de irradiación. Posee equipos de laboratorio como el IMO I, diseñado y construido totalmente en el país. Es un irradiador de cámara cerrada, montado en una unidad tractora, que hace posible transportarlo a casi cualquier paraje. Asimismo, la Comisión Nacional de Energía Atómica posee, en el Centro Atómico Ezeiza, una planta de irradiación, también diseñada y construida totalmente en el país.

—Javier Almario



Atrato-Truandó: canal del siglo 21

En una conferencia de prensa sostenida en el observatorio astronómico José Caldas, en Bogotá, Colombia, el 19 de febrero de este año, el mayor (r) Rafael Convers, uno de los promotores más entusiastas del proyecto, dijo que el canal Atrato-Truandó tendrá la capacidad de permitir el cruce simultáneo de dos barcos de 285.000 toneladas de peso muerto.

El proyecto forma parte de la Segunda Expedición Botánica, que anunciara el presidente Belisario Betancur al principio de su periodo presidencial como su programa económico. El presidente Betancur nombró así su programa económico para recordar la primera Expedición Botánica que dirigió José Celestino Mutis en el siglo 18 y que hizo de Colombia —Nueva Granada en ese entonces— el centro de la investigación en ciencias biológicas.

Con la Ley 53 de 1984 del Congreso de la República de Colombia, el gobierno de esta nación se comprometió a construir esa obra para unir los ríos

Atrato y Truandó, ubicados en la región noroccidental del país, entre los océanos Atlántico y Pacífico. La nueva ley inviste al presidente de Colombia de facultades extraordinarias, por término de cuatro años, para que tome las medidas necesarias para completar la construcción del nuevo canal interoceánico.

La construcción del canal

El canal Atrato-Truandó, como lo mencionó el mayor Convers, será a nivel del mar y de doble vía, con un ancho aproximado de 500 metros para que transiten buques tanque de por lo menos 250.000 toneladas de peso muerto, con una velocidad de 13 kilómetros por hora, que es la norma internacional.

Desde hace aproximadamente 300 años se han realizado diferentes estudios de prefactibilidad de dicho canal. Entre los más recientes se destacan el que hizo un ex ministro colombiano de Obras Públicas, Tomás Castrillón Muñoz, y el estudio de USAENG (sus

siglas en inglés), un grupo de ingenieros nucleares del ejército de los Estados Unidos.

Ambos estudios coinciden en la propuesta de aprovechar los cursos naturales de dos ríos, el Atrato y el Truandó, para completar los primeros 140 kilómetros, aproximadamente, del canal, desde la desembocadura del Atrato en el Golfo de Urabá hasta su conexión con el cauce del Truandó.

Según el estudio de USAENG, elaborado en 1970, el potencial de movilización de carga por esta región es de 200 millones de toneladas al año, lo cual rebasa la actual capacidad del canal de Panamá, que dicho sea de paso, tiene pocas posibilidades de ampliación debido a problemas que se presentan para el suministro de agua y energía eléctrica, por las limitaciones de las fuentes que lo alimentan a menos que se decida contruir el Segundo Canal de Panamá. El estudio de USAENG plantea un canal cuyo tránsito sea inicialmente de 35.000 barcos al año, pero se construiría de tal forma que más adelante pudiera ampliarse a 60.000 barcos al año. En este caso cada vía sería de 200 metros de ancho y 25 de profundidad.

Nuevamente los estudios coinciden en usar métodos convencionales para abrir el tramo correspondiente al río Atrato, mientras que en los últimos 26 kilómetros para llegar al Océano Pacífico se deben utilizar explosivos nucleares. Experimentos realizados por expertos norteamericanos demuestran que los explosivos más adecuados son los de 100 kilotones. Estos explosivos se colocan a una profundidad de 180 metros y abren cráteres de 480 metros de diámetro.

Para abrir un canal de las características anteriormente anotadas los explosivos se tienen que colocar a una distancia de 280 metros entre sí; por consiguiente, para abrir el tramo de 26 kilómetros en la Serranía de los Altos —que significa mover cerca de 900 millones de metros cúbicos de roca— se necesitarían 93 explosivos de 100 kilotones.

Este método resulta ser el más económico tanto en tiempo como en dinero. Los explosivos tendrían un costo aproximado de 750 millones de dóla-

res y la construcción se demoraría 13 años; en la realización de la ampliación a 60.000 barcos por año se invertirían adicionalmente 1.634 millones de dólares y la obra se tardaría 5 años.

Gran complejo agroindustrial

El proyecto incluye la construcción de tres superpuertos que estarían ubicados en el Golfo de Urabá, en el Océano Atlántico, en Ríosucio en la mitad del trayecto, y Coredo, en el Pacífico. El primero se comunicaría, a través de la carretera de Medellín, con el interior del país, además de que los tres superpuertos contarían con sus respectivos aeropuertos y pequeños puertos satélites para permitir que por varios afluentes del río Atrato arriben pequeñas embarcaciones.

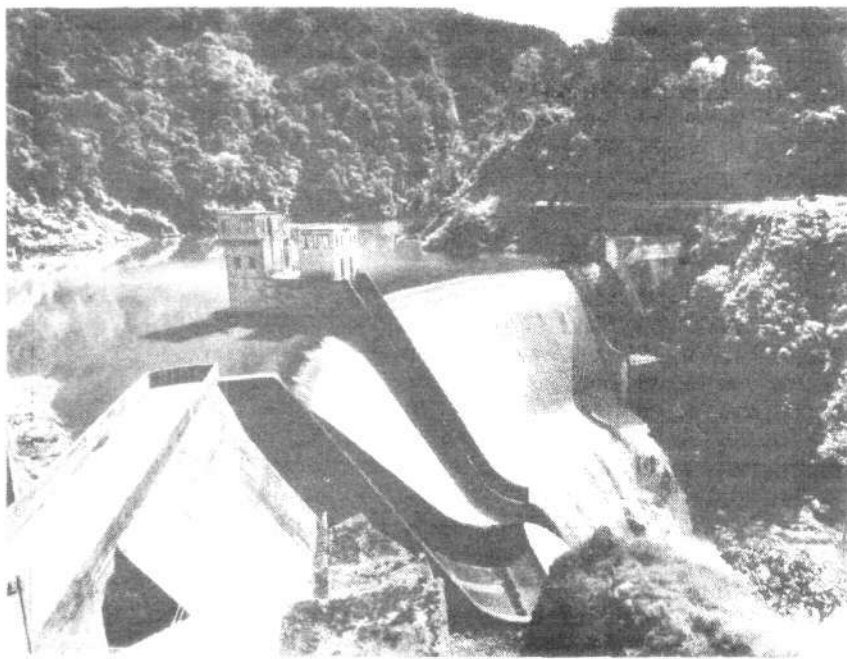
Siendo esta región de gran lluviosidad (entre 2 y 5 metros) habría que drenar 870.000 hectáreas para convertir las en una gran despensa agrícola; al mismo tiempo se crearía un lago sobre el río Atrato con la construcción de una planta hidroeléctrica de 4.000 megavatios, que permitiría abastecer de energía a todas las instalaciones del canal, al departamento del Chocó, y exportar energía a América Central. Además de proveer grandes silos para la

descarga de minerales y granos a través del flujo por gravedad. Las instalaciones tendrían un monto total de 5.000 millones de dólares.

Considerando que por este canal pueden pasar 200 millones de toneladas al año y comparando como primera aproximación los ingresos actuales del Canal de Panamá, el Canal Atrato-Truandó tendría un ingreso anual aproximado 1.700 millones de dólares, que representan el 17 por ciento del costo total del proyecto. Esto sin perder de vista que esto es sólo una aproximación lineal de los ingresos.

Esto indica que es bastante factible pagar el costo total de construcción del canal con su propio funcionamiento. El gran cuello de botella es encontrar fuentes multilaterales de crédito para financiarlo, porque las existentes, como el FMI y el Banco Mundial, son enemigas de financiar este tipo de obras en las naciones en desarrollo. Por el momento, a falta de un nuevo sistema económico internacional, la mejor posibilidad que se presenta para financiar una obra de esta envergadura es por intermedio de los gobiernos de las naciones desarrolladas.

—Henry Riascos



Uno de los grandes aportes del canal Atrato-Truandó es que permitirá la construcción de grandes superpuertos y plantas hidroeléctricas.

Cocinas de kerosene contra energía nuclear

El pasado 2 de abril, en medio del fermento de las elecciones presidenciales, los trabajadores del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) organizaron un foro denominado "Política nuclear y desarrollo nacional", en el que se dieron cita las principales fuerzas políticas en contienda.

El APRA—cuyo candidato, Alan García, es ahora presidente electo de Perú— estuvo representado por el doctor Carlos del Río, ex decano del Colegio de Ingenieros del Perú; Izquierda Unida envió al doctor Benjamín Marticorena y al ingeniero Luis Mejía; representó al gobierno el doctor Víctor Latorre; y, por la lista independiente Republicanos por el PLAN-Perú, asistió el ingeniero Luis Vásquez Medina.

La mayoría de los representantes de los partidos y el gobierno se dedicaron a alabar las recomendaciones del Banco Mundial en materia de "desarrollo". El doctor Del Río dedicó su intervención a ensalzar los programas de uso intenso de la mano de obra y tecnología "intermedia" en tanto alternativas a ponerse en práctica en un futuro gobierno aprista. Dijo que sólo un "pequeño sector" de las fuerzas productivas correspondería al sector de bienes de capital y que dentro de ese sector habría que incluir el programa nuclear.

Peró hasta eso le pareció excesivo al doctor Latorre, quien, por su parte, aparentemente en representación del gobierno peruano, criticó "la admiración que los países subdesarrollados tienen por la máquina", que según él, sólo esclaviza al hombre.

La alternativa dialéctica

El ingeniero Luis Mejía, al hablar del futuro de la industria nuclear, dijo que en un gobierno de Izquierda Unida "no habrá capacidad para invertir en las investigaciones. . . no habrá crédito. . . nuestra tecnología no puede ser la tecnología de una superpotencia". Para los que se rascaban la cabeza, explicó que todo desarrollo debe basarse en la "realidad concreta", y que "no hay investigación en abstracto".



Si la India pudo, ¿por qué Perú no?

En cambio Benjamín Marticorena, el otro izquierdista, "defendió" el sector nuclear peruano de los ataques que le hiciera la Federación Agraria del Cuzco, que en días anteriores había afirmado que "no es necesario desarrollar la energía nuclear en el país". Marticorena respondió que "es forzado expresar el concepto ecologista europeo al Perú", dialécticamente añadiendo que "no estoy contra el ecologismo, que evidentemente debemos defender". Dijo que había que deslindar la industria nuclear de la defensa nacional, y sustituir la actual dirección "ineficiente" del IPEN—en manos del ejército— por una especie de frente amplio, representativo de todos los sectores.

En cuanto a la investigación científica propiamente dicha, Marticorena señaló que la debe caracterizar el "compromiso social", y pasó a alabar "la nueva tecnología de quemadores de kerosene para cocinas", perfeccionados—¿reinventados, por ventura?— por la Universidad de Ingeniería en convenio con las municipalidades que dirige Izquierda Unida; esa novedadísima tecnología, señaló, redundará en beneficio de las "cocinas populares". Y para concluir con una nota ideológica, dijo que "la juventud se está que-

dando sin mito, y eso no lo vamos a transformar con ideas, con fantasmas". Se refería a la propuesta de uno de los ponentes de embarcar al Perú en ambiciosos proyectos científicos e industriales.

La alternativa nuclear

La nota discrepante la dio el representante de Republicanos por el PLAN Perú, quien comenzó por informar al auditorio de la manifestación que se realizaba en esos momentos en Argentina para defender la industria nuclear. El ingeniero Vásquez Medina explicó que la energía nuclear se requiere para acelerar el desarrollo del resto de la economía; elaboró la relación entre la densidad de flujo energético de la economía y la densidad relativa potencial de la población de la sociedad, y rebatió los argumentos ambientistas en favor de la energía solar, eólica y de biomasa.

Atacó específicamente el programa de la Internacional Socialista de Willy Brandt, redactado, dijo, en las oficinas del Banco Mundial. "Cuando escucho a los representantes de Izquierda Unida", dijo, "me hacen pensar en los proyectos que propone el Banco Mundial para el Tercer Mundo: pensar en pequeño, en la 'realidad concreta'", apuntó. "No; debemos seguir el ejemplo del gran Leibniz. Para el año 2.000 tendremos que alimentar a cerca de 50 millones de personas, y la energía nuclear es la única fuente que nos permitirá hacerlo".

Por último, calificó de "error estratégico" la idea de excluir de la dirección del IPEN a los militares. Señaló que el programa nuclear argentino ha avanzado precisamente por ese vínculo con la defensa nacional, y finalmente pasó al tema del Plan de Defensa Estratégica estadounidense, en la que los objetivos militares y económicos se unen para dar lugar a una nueva revolución tecnológica e industrial. La actitud de México en apoyo de esta iniciativa, dijo Vásquez, es el ejemplo que debiera seguir el resto de Iberoamérica.

—Aurelio Córdova

Chris Lewis/NSIPS



Esto es lo que queda de la Planta Nacional de Tubos de acero de los Estados Unidos en McKeesport, Pensilvania.

¿Cuál recuperación? Los Estados Unidos, nación postindustrial

Los Estados Unidos se encuentran en una depresión mucho más grave que la Gran Depresión de los treintas. Dejando de lado la patética retórica de la llamada recuperación, las gráficas de los indicadores económicos básicos no dejan duda alguna.

Se ha destruido la industria pesada estadounidense. Hay secciones enteras de la industria acerera, de máquinas herramientas y de generación de energía que vienen operando por debajo de los niveles de producción que tenían en 1972. El porcentaje que representa la fuerza de trabajo industrial en el total de la fuerza de trabajo se redujo drásticamente. La productivi-

dad por trabajador ha disminuído más del 50 por ciento tan sólo en los últimos diez años. Las deudas familiares se han duplicado en los últimos 7 años.

En resumen, los Estados Unidos se han convertido en una economía "postindustrial" que no produce ni siquiera lo que consume. Lo más peligroso del asunto es que la economía soviética no ha cesado de crecer, y los líderes soviéticos parecen conocer la situación económica de los Estados Unidos mejor que muchos políticos y funcionarios gubernamentales norteamericanos e iberoamericanos.

En un reciente programa de televisión para consumo interno soviético,

el "experto en los Estados Unidos" Georgui Arbatov resumió bruscamente la discusión de la economía de los Estados Unidos con la siguiente descripción: "Los estadounidenses no sobrevivirán, por así decirlo, quiero decir económicamente".

Las gráficas comparativas de la producción soviética con la estadounidense a lo largo de los últimos diez años muestran que la producción soviética de toda clase de bienes—desde tractores hasta refrigeradores— va en aumento, mientras que la de Estados Unidos va en picada. Dado que las gráficas son tan alarmantes y en general se encubren en los informes oficiales

estadounidenses, reproducimos aquí algunos de los datos que *Executive Intelligence Review* recopiló para su primer Informe Económico Trimestral de 1985. Este informe usa el modelo económico LaRouche-Riemann, método de análisis económico elaborado al alimón por *Executive Intelligence Review* y la Fusion Energy Foundation.

El Sistema Americano

La vara que se empleó en este mo-

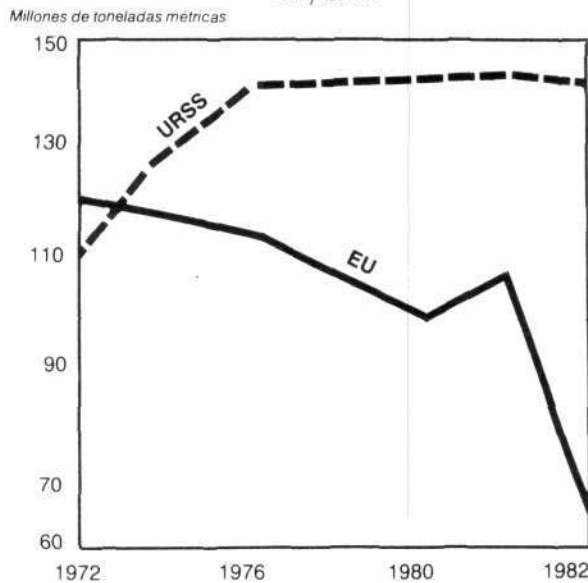
delo para medir el crecimiento económico es la misma que empleó el hacendista estadounidense Alexander Hamilton en su bosquejo del Sistema Americano de economía política, el cual presentó al Congreso Americano en diciembre de 1791 en un informe *Sobre las manufacturas*.

Hamilton, como todos los economistas que siguieron su pauta, partían del hecho de que "población es riqueza". Para asegurar que la economía

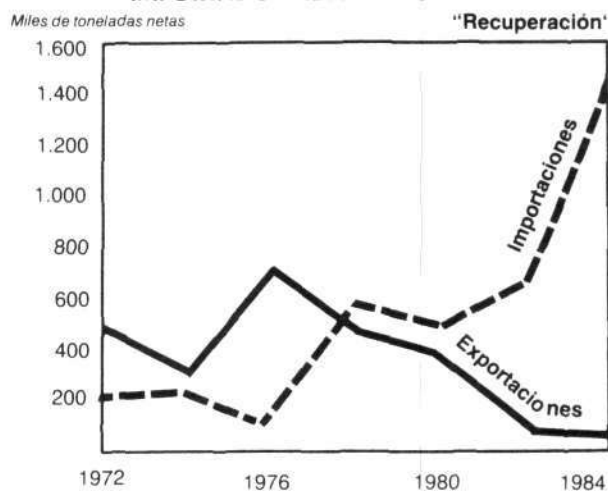
crezca y que la nación prospere, se requiere "aumentar la capacidad productiva del trabajo" mediante el progreso tecnológico, que produzca medios de capital más eficaces y formas más densas energía para la agricultura, la industria y la infraestructura económica básica.

Con esta vara de medir, los casinos de juego, los empleos en servicios y la especulación con bienes raíces, cuyo crecimiento se usa para inflar aún más

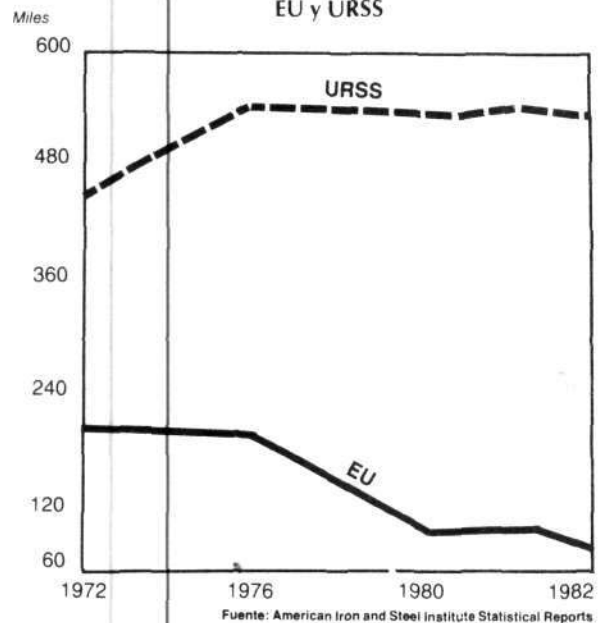
Gráfica 1
PRODUCCION DE ACERO CRUDO:
EU y URSS



Gráfica 2
DE EXPORTADOR NETO A
IMPORTADOR NETO DE ACERO CRUDO



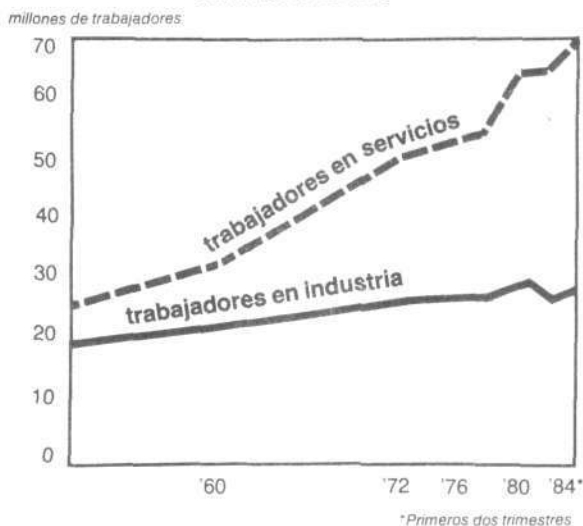
Gráfica 3
PRODUCCION DE TRACTORES
EU y URSS



De los 98 millones de toneladas de acero crudo que se consumieron en los Estados Unidos en 1984, 48 se produjeron allí, 26 se importaron y 24 se reciclaron. Hoy día, la capacidad acerera de los Estados Unidos es, por mucho, de 70 millones de toneladas, o sea menos de la mitad de la que tenía en 1974 y menor que la de 1937.

En cuanto a tractores, como se muestra en la gráfica 3, la Unión Soviética ha cuadruplicado la producción que los Estados Unidos tenían en 1972, mientras que los tractores estadounidenses se reducen a cenizas.

Gráfica 4
LOS EMPLEOS EN SERVICIOS SE HAN DUPLICADO
AL MISMO TIEMPO LOS EMPLEOS EN INDUSTRIA SE
HAN ESTANCADO

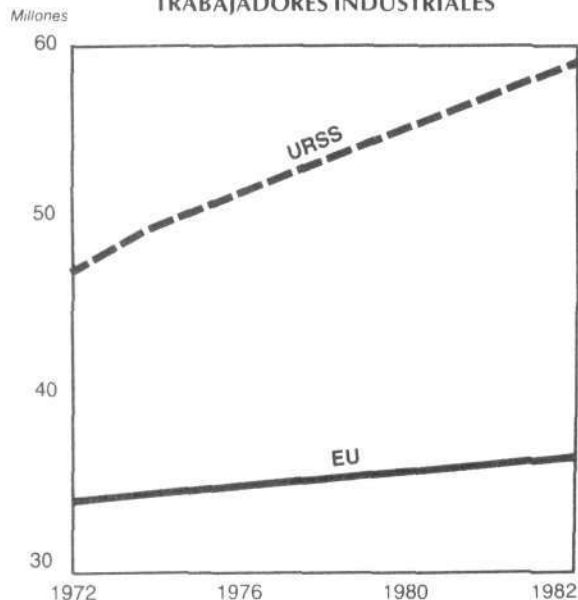


Producción postindustrial

El indicador básico para saber si una economía funciona correctamente es el porcentaje de la fuerza de trabajo que se dedica a la producción. Mínimamente 55 por ciento de la fuerza de trabajo debe de producir bienes tangibles para el resto de la población. En los Estados Unidos los empleos en servicios aumentan cada día más. ¿Qué tipo de economía es ésa en que los trabajadores industriales son menos de la mitad que los trabajadores en servicios?

En 1972 la URSS, aún un país relativamente agrícola,

Gráfica 5
TRABAJADORES INDUSTRIALES



había aumentado su fuerza de trabajo a 47,4 millones, cerca del doble de los Estados Unidos (26,8 millones) con una población total sólo un 20 por ciento mayor que la de los Estados Unidos. En la URSS, el número de obreros industriales en relación con el número total de trabajadores de la URSS creció a un 38 por ciento en 1972, sobrepasando la de los Estados Unidos, la cuál cayó de un 34 por ciento en 1950 a un 30 por ciento en 1972. Esta proporción ha seguido disminuyendo en los Estados Unidos durante 1984 hasta un porcentaje de 25,8 mientras que la URSS ha alcanzado cerca de un 45 por ciento.

la llamada recuperación, no cuentan para nada en la economía real.

Lyndon H. LaRouche, fundador de *Executive Intelligence Review*, aportó al Sistema Americano el concepto de densidad relativa potencial de población. Dicho de otra manera, ¿cuántas personas en promedio pueden vivir por kilómetro cuadrado de tierra a un nivel de tecnología dado usando sólo las actividades productivas de la población productiva de esa población? Esto depende exclusivamente del grado de adelanto tecnológico. La salud de la economía se mide, en último análisis, por la tasa de crecimiento de la densidad relativa potencial de población, que depende del ritmo de adelanto tecnológico realmente aplicado a la producción de bienes tangibles que se consumen productivamente.

Vivir de la riqueza importada

Las importaciones no son la causa de la pérdida de las capacidades productivas, sino el reemplazo de lo que ya son incapaces de producir los propios Estados Unidos. En 1984, 65 por ciento de los todos los radios o televisores comprados en los Estados Unidos eran importados; 27 por ciento de la ropa que la gente se puso era importada; por lo menos el 27 por ciento de todas las partes de los automóviles de marca estadounidense se importaron.

El escándalo más grande en cuanto a las importaciones es el llamado "automóvil americano". De los 10 millones de automóviles que se vendieron el año pasado en los Estados Unidos, 2,3 millones son importados; es decir, 23 por ciento de todas las ventas. Mientras que los economistas del gobierno de Reagan se ufanan de que la producción de automóviles aumentó en 7,7 millones de unidades el año pasado, si uno le resta a esa cantidad la proporción que corresponde a las partes fabricadas en el exterior, se verá que la producción apenas llegó a las 4,62 millones de unidades, ¡casi un millón menos que en 1929! Entre 35 y 45 por ciento de todos los automóviles americanos se componen de piezas y elementos traídos del exterior.

Para ir a la Luna se necesitan nuevos cohetes

Para el año 2000, debe ser normal que ciudadanos de todo el mundo viajen a la Luna. Y, antes de eso, los Estados Unidos y sus aliados habrán emplazado un dispositivo de defensa con armas de rayos para eliminar el peligro de guerra nuclear. Ambas cosas exigirán la construcción de varios modelos nuevos de cohetes: desechables y de uso repetido, tripulados y sin tripulación, militares y civiles.

Los transbordadores espaciales con que cuentan en la actualidad los Estados Unidos no pueden ir más allá de órbitas más o menos bajas, a unos 450 kilómetros de la superficie terrestre. Su capacidad de carga no pasa de 30.000 kilogramos, y no siempre se pueden enviar a misiones militares, por ser naves tripuladas.

Antes del fin de esta década, el Plan de Defensa Estratégica exigirá ampliar la capacidad de lanzamiento al espacio. La Fuerza Aérea de los Estados Unidos calcula que para fines de los ochentas tendrá que sustituir todos los modelos de cohetes desechables que ha empleado por las últimas décadas. El Plan de Defensa Estratégica requerirá el emplazamiento de grandes estructuras en órbita circunferencial (por ejemplo, espejos). Es posible que la Luna misma sea una importante estación de vigilancia en lo futuro.

En estos momentos los Estados Unidos no tienen modo de llevar gente a la Luna; ni siquiera a órbita geosincrónica, a unos 13.900 kilómetros de altura, para reparar o recoger satélites de comunicaciones militares y civiles. La Casa Blanca ordenó a la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio y a la Fuerza Aérea hacer los estudios necesarios para construir conjuntamente un nuevo modelo de transbordador espacial. También se planea iniciar el diseño de nuevos modelos de cohetes desechables.

La tecnología del transbordador

Los transbordadores espaciales de

hoy son un buen punto de partida para producir la nueva clase de vehículos que hace falta no sólo para transportar astronautas, sino también para llevar enormes cargamentos al espacio, desde maquinaria a la Luna hasta láseres y espejos de defensa estratégica. Muchos viajes no requerirán tripulación y los vehículos sólo atracarán en una estación orbital empleada para almacenar carga. En el caso de despliegues militares, muchas misiones es mejor que no sean tripuladas.

En estos momentos, el transporte desechable más grande es el cohete Titán 34D, que puede llevar poco menos de 2.000 kilogramos a órbita geosincrónica. La Fuerza Aérea calcula que para 1989 se necesitará un cohete que pueda colocar a esa altura unos 5.000 kilogramos. Para fines de siglo, se calcula que las fuerzas armadas de los Estados Unidos y la NASA tendrán que enviar al espacio cargamentos de entre 100.000 a medio millón de kilogramos, que rebasan con mucho la capacidad de los transbordadores actuales.

A lo largo del año pasado, la Fuerza Aérea estudió cómo llevar al espacio cargamentos de hasta 5.000 kilogramos para fines de esta década. Por desgracia, tanto el Departamento de Defensa como la Casa Blanca—contra los buenos consejos de la NASA y del Congreso— decidieron simplemente modificar para ese fin el viejo cohete Titán. La alternativa sería empezar ahora mismo a perfeccionar lo mejor de la tecnología del transbordador espacial, lo que de todos modos se tendrá que hacer para satisfacer las necesidades de transporte espacial en los años subsiguientes.

La decisión de la Fuerza Aérea, a menos que la cambie el Congreso, podría retrasar el perfeccionamiento de los cohetes desechables derivados del transbordador, que serán obviamente necesarios en cosa de quince años. Un cierto número de empresas aeroespa-



Si los Estados Unidos quisieran mandar algún astronauta a la Luna, tendrían que construir un nuevo cohete, porque ya ni siquiera cuentan con el Titán del proyecto Apolo, que usaron en los sesentas.

ciales vienen considerando ese tipo de vehículos. Los motores principales del transbordador espacial, los cuales utilizan hidrógeno líquido, son las máquinas más poderosas que se hayan construido jamás. Dichos motores pudieran adaptarse para llevar carga adosada a sus tanques externos de hidrógeno y oxígeno líquidos.

Los cohetes que se emplean para lanzar el transbordador pudieran emplearse también para otro tipo de vehículo derivado de la tecnología del transbordador. Es posible combinar esos cohetes con el motor de hidrógeno en varias configuraciones diferentes, según el empuje que haga falta.

La vuelta a la Luna

En una entrevista que concedió en 1982 a la revista *Space World*, el jefe de la NASA, James Beggs, dijo que ésta está interesada en la construcción de grandes cohetes de lanzamiento.

"Pueda que algún día los Estados Unidos tengan que volver a la Luna", dijo. "Sería relativamente barato construir un cohete de lanzamiento de mucho empuje, y los cohetes [del transbordador] serían un buen candidato para elevar al espacio un cuarto de millón de kilogramos", agregó Beggs.

En los últimos dos años, la idea de volver a la Luna ha ganado apoyo en la NASA. El 28 de febrero, al comparecer ante el Congreso, el doctor John Martin, administrador asociado de la NASA en asunto de tecnología aeronáutica y espacial, incluyó una base lunar en su esquema de las misiones futuras de la NASA que exigirán adelantos técnicos. Martin, por de gracia, juzga que la base lunar se erigirá hasta después del año 2010.

Comoquiera que sea, la estación espacial que planean los Estados Unidos permitirá al hombre trabajar en órbita circunterrestre a baja altura, y servirá de elemento de infraestructura para las misiones militares y civiles del futuro próximo. Cuando haya que abastecer estaciones espaciales y llevar al espacio equipo pesado, el trabajo se tendrá que hacer con nuevos modelos de cohetes desechables, junto a los cuales el transbordador de hoy parecerá una miniatura.

—Marsha Freeman

Fusión para 1990

por Charles B. Stevens

Del 18 al 19 de abril se celebró en Rochester, Nueva York, una conferencia sobre técnicas de armas de rayos, a la que asistieron más de 200 científicos de primera línea. Abrió la reunión el doctor George Keyworth, asesor científico de la Casa Blanca, quien instó a los científicos a dedicar todos sus esfuerzos a realizar un dispositivo efectivo de defensa contra proyectiles nucleares.

La exhortación del doctor Keyworth se reflejó en los resultados de la conferencia, titulada "Láseres y rayos de partículas para la fusión y la defensa estratégica" y organizada conjuntamente por la Universidad de Rochester, la Organización de Defensa Estratégica y Fusion Power Associates, entidad privada que promueve la energía de fusión. Representantes de los principales laboratorios e industrias de avanzada estadounidenses informaron de importantes avances en muchos campos importantes de la pelea por un sistema de defensa estratégica.

Entre los avances que se reportaron están los aceleradores compactos y de gran energía, necesarios tanto para los emplazamientos espaciales de haces de partículas como para los láseres de electrones libres. Científicos del laboratorio Los Alamos reportaron haber alcanzado una potencia de 10 millones de vatios en sus experimentos con esos láseres. En general, el trabajo con láseres de reducidísima longitud de onda procede aceleradamente, y éste es precisamente el tipo más prometedor para las armas de rayos anti-proyectiles.

El doctor VanDevender reseñó los experimentos con el acelerador Proto I, que en mayo de 1984 descargó sobre un objetivo de fusión pulsos de un billón y medio de vatios. Con el PBFA II se obtuvieron a principios de este año pulsos de 8 billones de vatios, sobre una superficie de 4 a 4,5 milímetros de diámetro, con lo que se demostró que del haz de iones ligeros no se desenfoca al aumentar la corriente. El Proto I genera un haz de 1,4 millones de voltios y 4 millones de amperios, mientras que el PBFA I funciona a 2 millones de voltios y 4 millones de amperios. Con el PBFA II se demostrarán los efectos de la ampliación de voltaje, ya que el haz de iones de litio que produce será de 30 millones de voltios y 5 millones de amperios. Los más recientes éxitos experimentales demuestran que el PBFA II tiene posibilidades de exceder cien veces las capacidades para las que fue diseñado, con lo que excederá ampliamente los requisitos de una reacción de fusión de cero potencia.

Ingeniería de plasmas

El programa de investigación del Laboratorio Nacional Sandia es el más reciente de los que ha iniciado el gobierno estadounidense en el área de la fusión. Los experimentos con impulsiones energéticas que allí se realizan, iniciados a comienzos de los años setenta para generar con aceleradores de haces de fusión efectos parecidos a los de una explosión termonuclear, se han puesto a la vanguardia de la investigación de la fusión, y están entre los más próximos a producir las condiciones para la generación comercial de ese

tipo de energía. En poco más de una década, y con una ínfima porción del presupuesto total del programa, los científicos de Sandia convirtieron la alta eficiencia y bajo costo inherentes a los condensadores de potencia pulsada aislados con agua y aceite en el elemento de vanguardia del programa de fusión. Tales logros fueron obra principalmente del doctor Gerald Yonas, ex director del programa de energía pulsada de Sandia y actual subdirector y científico de cabecera del programa de armas de rayos del presidente Reagan.

En muchos sentidos, los aceleradores de partículas que se han construido en el laboratorio Sandia no son más complicados que una bujía común y corriente, y tienen el mismo aspecto, sólo que son mucho más grandes. Se comienza con una descarga eléctrica de altísimo voltaje, que sólo dura milonésimas de segundo, la cual va a dos piezas de metal separadas entre sí por un vacío; una especie de diodo con nombre elegante. Una de las piezas de metal recibe el nombre de ánodo por tener carga eléctrica positiva y la segunda cátodo, por su carga negativa.

Fusión para los noventas

Pero en medio de tanto progreso en las áreas centrales de la tecnología de las armas de rayos, por poco pasa desapercibida la noticia de la inminente realización de la energía de fusión para fines comerciales. A raíz de recientes adelantos en materia de iones ligeros en el laboratorio Sandia, de Nuevo México, prácticamente ha quedado garantizado que para los noventas se hará realidad esta nueva fuente de energía, pese a los últimos ocho años de sabotaje del presupuesto de investigaciones.

Para conseguir la fusión por confinamiento inercial de alto rendimiento necesaria para la generación de energía comercial, es necesario soltar descargas de millones de joules de energía, a una densidad energética de cientos de billones de vatios por centímetro cuadrado, y descargarlas en un objetivo microscópico que contiene combustible de fusión, compuesto de isótopos de hidrógeno. La microexplosión así obtenida permitiría un altísimo rendimiento, posiblemente de

cientos de millones de joules de energía de fusión.

Como se detalló en la conferencia de Rochester, los más recientes experimentos han demostrado que con el PBFA II (siglas en inglés de Acelerador de Haces de Partículas de Fusión, modelo II) del laboratorio Sandia se pueden generar descargas de millones de joules, con densidades de 10.000 billones de vatios por centímetro cuadrado, muy superiores a la necesaria para la fusión de alto rendimiento. El PBFA II, que es un acelerador de iones ligeros, comenzará a funcionar en enero de 1986, y para comienzos de 1988 comenzarán los experimentos para producir la fusión termonuclear haciendo uso de esos objetivos microscópicos.

El doctor J. Pace VanDevender, director de ciencias de energía pulsada del laboratorio Sandia, y el profesor Ravindra N. Sudan, director del laboratorio de plasmas de la Universidad Cornell, explicaron los avances teóricos y experimentales que justifican sus pronósticos. El profesor Sudan mostró cómo los últimos diez años de experimentación han desmentido las tesis simplistas proferidas contra los haces de partículas por "peritos" como Costas Tsipis, del Instituto Tecnológico de Massachusetts. En lugar de disiparse, los haces de iones de alta energía tienden a autoenfocarse alinealmente hasta alcanzar mayor densidad de flujo. En segundo lugar, la trayectoria de estos haces no es susceptible de interacción con campos magnéticos débiles.

Lo usual es que cuando un pulso de alto voltaje y alta corriente llega al diodo, los electrones se aceleren del cátodo al ánodo y los iones positivos del ánodo al cátodo. Pero debido a que los electrones son miles de veces más ligeros que los iones, llegan primero al otro lado, generándose por ello un haz de electrones. Una fina lámina de estaño debidamente colocada en el ánodo permite que el haz de electrones salga de la máquina.

Si se coloca, en cambio, un campo magnético atravesado al cátodo, como lo sugirió en primera instancia el doctor F. Winterberg, los electrones más ligeros quedarán atrapados y no podrán seguir su curso hacia el ánodo. En ese caso pasan primero los iones positivos, creándose un haz intenso de

iones de alta corriente.

Además de ordenar correctamente la geometría del diodo para permitir la formación de un haz de iones enfocado, se introduce entre el cátodo y el ánodo una malla de plástico transparente. La malla se transforma en plasma (plasma es el estado ionizado de la materia) cuando la impulsión eléctrica llega al diodo. La malla de plasma actúa como un "cátodo virtual" que empareja el intenso campo eléctrico dentro del diodo y resulta, por lo tanto, en la aceleración uniforme de los iones. Las principales partes móviles de los aceleradores de haces de partículas Sandia ¡son de "plasma"!

Otro avance derivado del aprovechamiento de los plasmas es el uso de ráfagas de radiación de la banda ultravioleta para preionizar la superficie del ánodo. Esto favorece la formación rápida y más eficiente del haz de iones en presencia de la impulsión eléctrica.

Perspectivas comerciales

Aun cuando todavía hay dificultades para hacer de la demostración científica de la fusión con haces de iones ligeros una central de energía económica y práctica, la tecnología de la energía pulsada sobre la que se basa este método de abordar la fusión ha alcanzado grandes logros en la última década, y cabe esperar que con el programa de armas de rayos del presidente estadounidense Ronald Reagan, acelere enormemente el ritmo de progreso. Ya los logros en el cambio de alta energía están despejando el camino para los altos índices de reencendido necesarios en las centrales de energía.

La energía pulsada siempre ha dado gran rendimiento: más del 30 por ciento del consumo de energía eléctrica se traduce en producción de haces de iones. Los avances en el programa de armas de rayos apuntan a soluciones para el problema más sobresaliente y significativo: el de propagar el haz de iones a tal distancia que se puedan desacoplar el diodo generador de haces y la microexplosión de fusión. En todo caso, el futuro de la fusión con haces de iones ligeros es muy prometedor. Falta ver lo que hará el doctor Yonas con el enorme potencial del Plan de Defensa Estratégica estadounidense.

El Spacelab y los misterios del oído

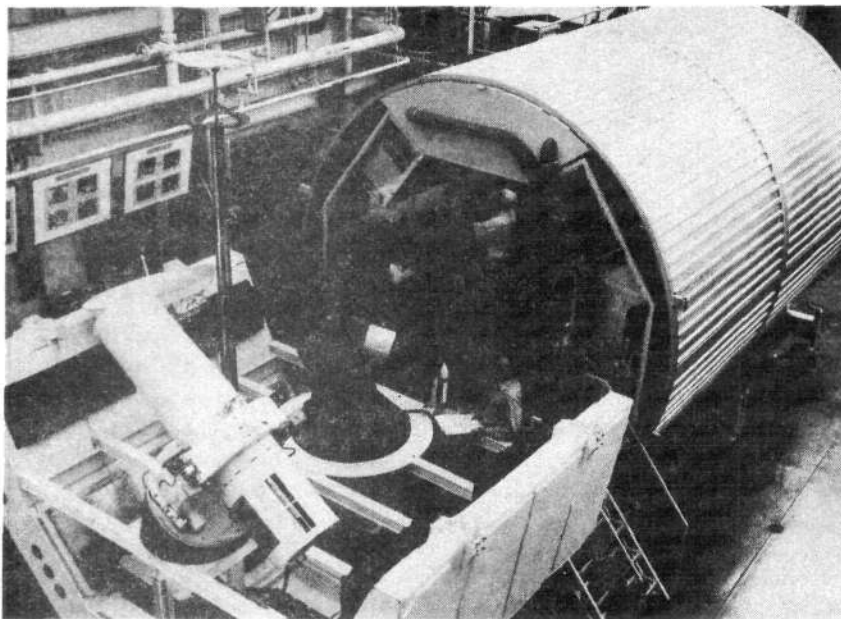
El oído nos sirve no sólo para percibir sonidos. En él se asientan asimismo el sentido del equilibrio y la percepción del movimiento lineal, cuando menos. El funcionamiento de este delicado aparato todavía tiene muchos aspectos inexplicados para la ciencia.

Hace unos años, se puso a consideración de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos la propuesta de realizar una serie de experiencias en el espacio, dirigidas a aclarar algunos de esos aspectos. Al cabo de cierto tiempo, a los científicos que empezaron a adiestrarse para volar al espacio se sumó el doctor Byron Lichtenberg, experto en ingeniería biomédica que tomó parte en la misión del Spacelab en noviembre-diciembre de 1983.

"Nos ocupamos específicamente de cinco disciplinas distintas, pero los campos en los que tuvimos tal vez resultados más interesantes fueron la ciencia de materiales y la ciencia de la vida", dijo a *Fusión Nuclear* el doctor Lichtenberg en una charla sostenida el pasado marzo. "En cuanto a las ciencias de la vida, principalmente nos interesamos en el sistema vestibular, el órgano de equilibrio del oído interno, lo cual tiene que ver con el mareo que produce el movimiento en el espacio."

En vuelos anteriores realmente no se había podido investigar la adaptación inicial que ocurre en el cuerpo humano y en el cerebro, "porque en los días de Apolo y Skylab los astronautas entraban en órbita y generalmente se gastaban varios días montando todos los sistemas y viendo que todo estuviese bien. Las pruebas comenzaban generalmente de cuatro a cinco días de comenzado el vuelo, cuando ya se había dado una buena parte de la adaptación. En el Spacelab 1 pudimos empezar los experimentos a las siete u ocho horas de iniciado el vuelo, y tuvimos un registro casi continuo de la adaptación durante la misión. Aprendimos bastante sobre la fisiología vestibular."

"Salieron resultados muy interesan-



Esta es la unidad integral de vuelo del laboratorio espacial de la NASA que se monta en el transbordador espacial cada vez que se lanza en misión.

tes del laboratorio del profesor von Baumgarten en la Universidad de Mainz, viendo la respuesta calórica, que consiste, para decirlo simplemente, en inyectar aire caliente o frío en un oído y aire de temperatura contraria en el otro. En Tierra, se estimula con ello una corriente conductiva, que pensábamos se debía a la diferencia de densidad; es decir, que si se calienta el fluido en un lado, se vuelve liviano y tiende a subir, mientras que en el otro lado estaría más frío y tendería a bajar. Esto induciría en el sujeto estudiado una sensación de movimiento."

La hipótesis, explicó Lichtenberg, era que, puesto que en el espacio no hay fuerza neta y las diferencias de temperatura no debieran tener efecto alguno, no se conseguiría con este tipo de experimento sensación alguna de movimiento. Al comienzo de la misión, en efecto, no se produjo ninguna diferencia; no había sensación. Pero más adelante se produjo sensación de movimiento y sensación de rotación, acompañada de nistagmo ocular.

"Eso no se había previsto en absoluto. Era algo nuevo y algo que tenía-

mos que estudiar más para tratar de entender exactamente cuáles eran las causas. De hecho, tenemos algunas ideas de que puede tratarse de una sensibilidad térmica de los órganos vestibulares o de la conducción neural, pero se necesitará más trabajo y experimentación científica para averiguar qué es lo que pasa."

Hallazgos intrigantes

Fusión Nuclear: ¿Podría usted describir un poco más detalladamente el experimento térmico del profesor von Baumgarten, discutiendo las ideas que hasta ahora se han postulado para interpretar los hallazgos?

Lichtenberg: El experimento calórico se realizó dos veces durante el vuelo, a comienzos y luego a finales de la misión. Comenzamos inyectando aire caliente en un oído y aire frío en el otro, y en el primer experimento que realizamos eso parece no haber causado ningún sentido de rotación en el sujeto. Eso era más o menos lo que esperábamos, si efectivamente la respuesta del cerebro a la inyección de aire caliente y frío dependía de la gravedad. Pero más adelante, como en el

día siete u ocho del vuelo, resultó que cuando realizamos este experimento calórico el sujeto efectivamente experimentaba una sensación de rotación, y se producía también nistagmo, un movimiento observable de los ojos.

Antes de esto la idea prevaleciente era que la reacción era gobernada por la gravedad. Digamos que se calentara el oído izquierdo, y en el borde externo del canal semicircular el fluido se pusiera más caliente y, en presencia de gravedad, más liviano y empujara hacia arriba, y esto tendería a estimular el canal semicircular. Al otro lado de la cabeza, donde entraba aire frío, ocurriría exactamente lo contrario. Los fluidos más próximos al perímetro de la cabeza serían más fríos y pesados y tenderían a bajar, y eso confirmaría, amplificaría y reforzaría la misma dirección de las señales del oído izquierdo. Por consiguiente, se produce una fuerte sensación de rotación.

En el espacio vimos esta sensación de rotación, y esos movimientos de los ojos hacia la parte final de la misión, y quiere decir que tiene que haber algún otro efecto que la mera diferencia de densidades. Puede ser algún tipo de efecto directo de la temperatura ya sea en los canales semicirculares o en los nervios que van de los canales semicirculares al cerebro, o algún otro efecto. Las causas todavía no están claras, de modo que no estamos seguros qué es lo que pasa. Se han hecho ciertos experimentos en Tierra que han mostrado una pequeñísima asimetría o efecto térmico en algún sitio de ese sistema; pero en el espacio parece ser más fuerte; en otras palabras, la velocidad de los movimientos oculares fue mayor en el espacio de lo que esperaríamos puramente sobre la base de los experimentos en Tierra. Creo que hace falta trabajar mucho más en este campo.

Fusión Nuclear: Usted participará también en la misión alemana Spacelab D-1 que viene en octubre de este año. ¿Cuál será exactamente su papel en esa misión, y cuáles son los experimentos más importantes que se tienen en mente?

Lichtenberg: Mi papel en la próxima misión alemana D-1 es como contacto científico con los experimentos estadounidenses en ciencias de la vida. La misión D-1 tiene que ver principal-

mente con las ciencias de la vida y la ciencia de materiales. La parte de ciencias de la vida se realizará principalmente en el trineo vestibular, que es un acelerador lineal capaz de mover atrás y adelante un ser humano en un trayecto de unos tres metros y medio dentro del Spacelab. Al someter a aceleraciones muy bien controladas al sujeto experimental, podemos empezar a estudiar las partes del oído interno que se llaman otolitos. Estos órganos son sensibles al movimiento lineal, y podemos observar los cambios del umbral (cambios de la capacidad de estos órganos para detectar movimientos pequeñísimos) y los cambios de la percepción del movimiento, que ocurre al más alto nivel del cerebro. Podemos también registrar los movimientos oculares, que son impulsados y gobernados en cierta medida por los otolitos y el sistema del oído interno en general. Todavía no hemos podido realizar esos dos tipos de experimentos, porque todavía no ha subido al espacio el trineo vestibular. Este será el primer vuelo en que se use, y será un campo de interés primario.

Fusión Nuclear: ¿Dónde se creó este trineo?

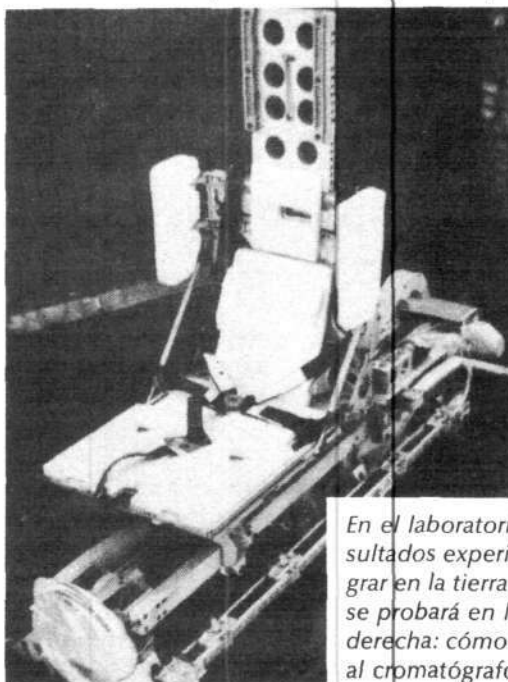
Lichtenberg: El trineo se creó en Europa mediante la Agencia Espacial Europea, y se ensambló principalmente en el Centro Europeo de Tecnología

Espacial en Holanda. Por decisión de la ASE, también se está poniendo a disposición de investigadores estadounidenses. El grupo al que he estado vinculado, con el profesor Larry Young en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, había propuesto inicialmente usar el trineo en el Spacelab 1. Hubo que excluirlo de ese vuelo debido a posibles problemas de peso, y se dieron garantía de que volaría en una misión futura.

Mi papel en la misión D-1 será como coordinador en el centro de operaciones científicas en Oberpfaffenhoffen, cerca a Munich, Alemania occidental. Estaré en contacto telefónico con científicos del centro de Houston, tanto con el profesor von Baumgarten como con el profesor Young, y estaré ahí por lo menos como representante del profesor Young ante los grupos de trabajo del centro de control de carga, gente que irá viendo cómo van los experimentos y tomarán decisiones sobre recursos o experimentos que haya que reprogramar. Será más bien una actividad coordinadora.

La cooperación internacional

Fusión Nuclear: ¿Cuál es el estado de la cooperación europea-estadounidense en la investigación espacial, y qué propondría usted para ampliar esa cooperación?



En el laboratorio espacial se pueden lograr resultados experimentales que no es tan fácil lograr en la tierra. Arriba: el trineo vestibular que se probará en la próxima misión espacial. A la derecha: cómo se inyecta una muestra analítica al cromatógrafo de gases.

Lichtenberg: Creo que hay un buen nivel de cooperación entre los científicos de Europa, los Estados Unidos y Japón. Por supuesto que la gente desea explorar sus propias ideas, pero el progreso y los resultados se publican abiertamente. La mayoría de los experimentos espaciales y especialmente algunos de los que se realizarán en la nueva estación espacial serán de carácter cooperativo por necesidad. La estación espacial será como una instalación investigativa semejante a un gran acelerador de partículas (el CERN, por ejemplo). Será relativamente utilizarlo y habrá que coordinar muy apretadamente las actividades. Esto alentará la cooperación y producirá los mejores resultados de científicos de todo el mundo.

Fusión Nuclear: ¿Tiene usted en mente otras posibles avenidas de investigación, o experimentos que pudieran realizarse en el espacio que puedan darnos algo nuevo sobre las leyes del universo en condiciones de cero gravedad?

Lichtenberg: Esa es una pregunta muy amplia y muy difícil; de contestar. En un sentido general, creo que apenas estamos comenzando a tocar por encima todos los tipos de experimentos y actividades que se pueden realizar en el espacio. Aunque el Spacelab es

un sitio muy bueno para llevar a cabo investigaciones científicas, el transbordador espacial todavía es muy limitado en el tiempo y la cantidad de gente y materiales que puede llevar a órbita. Donde veremos adelantos muy grandes en el futuro será principalmente en los campos de las ciencias de la vida y de materiales, y no me atrevo a predecirlos. Fuera de hablar sobre algunas de las cosas interesantes que suceden en la farmacéutica y la formación de cristales, simplemente tenemos que esperar a ver.

Fusión Nuclear: Muchas personas están interesadas en saber cuáles serán los beneficios inmediatos de operaciones como el Spacelab. ¿Piensa usted que el propósito de estas misiones va dirigido más a los resultados prácticos y concretos, o pesa más el aspecto de investigación básica?

Lichtenberg: Hasta ahora se ha inclinado más a la investigación básica en los campos de las ciencias de materiales y de la vida. Pero empezamos a ver resultados más prácticos en el campo de la farmacéutica, y esperamos ver la aplicación inmediata—en cosa de unos cuantos años— y quizá la separación de mayores cantidades de drogas y productos farmacéuticos en el espacio, y podremos traerlos de vuelta a la Tierra y usarlos para curar enfermeda-

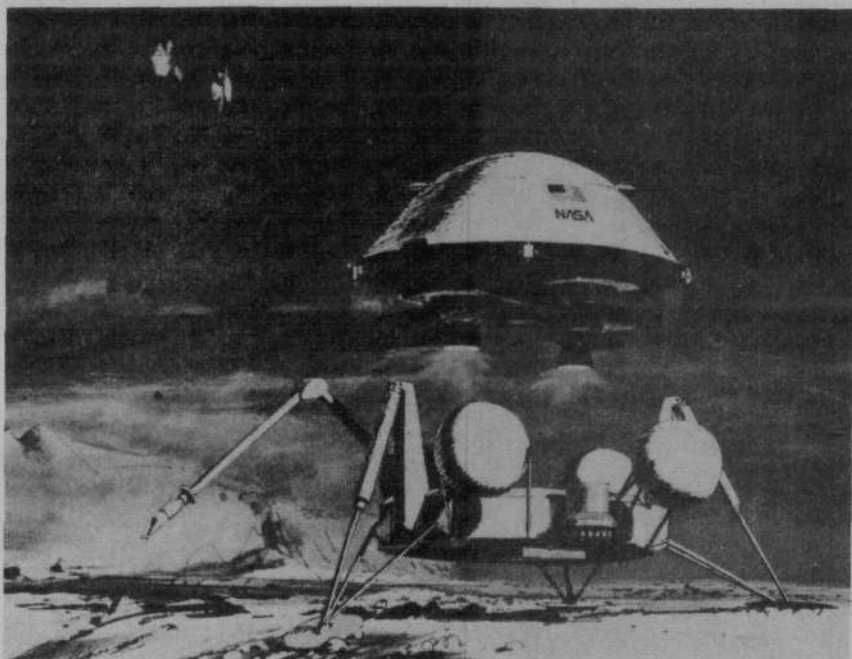
des aquí. “Yo definitivamente soy optimista”

Fusión Nuclear: Viendo retrospectivamente la misión Apolo a la Luna, que motivó en su tiempo a toda una generación a volver la vista hacia el espacio, por decirlo así, se creó un nuevo tipo de optimismo cultural. ¿Piensa usted que los actuales programas espaciales puedan tener nuevamente ese tipo de efecto movilizador?

Lichtenberg: Pues yo definitivamente soy optimista, y creo que eso puede suceder, pero posiblemente requiera algo un poco más dramático que Spacelab. Quizá se requiera una estación espacial, una empresa conjunta internacional con muchos países europeos, Japón y Canadá y otros países y pueblos trabajando juntos para sacar adelante el proyecto. Cuando la gente la vea en órbita sobre sus cabezas—porque sería, de hecho, una estructura muy grande, visible quizá en el crepúsculo y con toda seguridad al amanecer—, sabiendo que allá hay gente continuamente realizando investigaciones y observaciones espaciales y astronómicas, eso imprimirá en las mentes de la gente la ciencia espacial. Necesitaremos entonces un nuevo tipo de nave espacial para ir de aquí allá y otra para usar la estación espacial como trampolín para una posible misión a Marte o a una base lunar. Este tipo de cosas sí que despertará las imaginaciones y ayudará a reunir todos los elementos, debido a la naturaleza muy cooperativa de todo el programa de la estación espacial. Eso puedo verlo en un futuro de unos cinco a siete años, como un paso futuro muy positivo y optimista.

Fusión Nuclear: ¿Le gustaría ir a Marte a usted mismo, si se le presenta la oportunidad?

Lichtenberg: Esa es una decisión que yo no podría tomar solo, porque es verdad que tengo familia; tengo mi esposa y mis hijos, y una misión de esas se tardaría unos dos años. Yo me estoy poniendo más viejo, por cierto, y creo que no tendremos misiones a Marte en lo que me queda de vida útil de trabajo. Quizá me toque verlo alguna vez, cuando sea más viejo. Sobre eso se están dando muchos pensamientos y discusiones, porque se requiere una tremenda dedicación para pasarse dos años yendo y volviendo de Marte.



Así ascendería de la superficie de Marte un vehículo con una muestra del suelo marciano para que se examine en la Tierra, según los dibujantes de la NASA.

Margaret Mead, la abuela genocida

Margaret Mead, A Life

por Jane Howard
Nueva York

Simon and Schuster, 1984

With a Daughter's Eye

A Memoir of Margaret Mead and Gregory Bateson

por Mary Catherine Bateson
Nueva York

William Morrow and Co, 1984

Cada vez que uno ve a un joven con los ojos hinchados y enrojecidos, la mirada perdida, balancearse por la calle al ritmo que le marca un radio de transistores enchufado a las orejas, es a Margaret Mead y sus tres esposos a quienes se lo debemos. Siendo así, yo no le recomendaría a nadie ir corriendo a comprar cualquiera de las dos biografías publicadas el año pasado.

Cada una a su modo, las dos intentan convencernos de que Margaret fue buena en el fondo. Jane Howard trata desde el principio de convertirla en una abuela cariñosa, que mantenía una estrecha relación con sus nietos. Sin embargo, no hay que leer mucho entre líneas para darse cuenta que la adorable Margaret era una intrigante ambiciosa y dominante, que no se detenía ante nada con tal de impulsar su carrera profesional.

¿Pero qué importancia tiene todo eso? Lo que importa de Margaret Mead es lo que se expresa en su colaboración con el grupo de antropólogos dedicados a levantar la armazón de la contracultura. Primero, los antropólogos Franz Boas y Ruth Benedict la enviaron a Samoa para defender la tesis de que el libertinaje sexual en la adolescencia se correlaciona positivamente con la salud mental de una cultura. Poco antes de que empezase la Segunda Guerra Mundial, ella y su tercer marido, Gregory Bateson, estudiaron la cultura de Bali.

Bali era ya una guarida de homosexuales, fumadores de opio y pintores modernos de los Estados Unidos y Europa. El gozne de la cultura eran los danzantes balineses que bailaban en trance y que en los demás aspectos de su vida mantenían un estado de descomposición mental esquizofrénica. Cuán eficazmente pudieron Margaret Mead y Gregory Bateson aprovechar esta experiencia se hace claro por ciertos aspectos de la vida de éste que su hija no considera importante mencionar, como su promoción del LSD entre los jóvenes.

Bateson coordinó los varios programas que, en los cincuentas, sirvieron para difundir esa destructiva droga psicodélica entre sectores desprevenidos de la población, como los veteranos o los jóvenes atraídos a los conciertos de rock. Bateson fundó el centro de investigación del LSD en la Dirección de Veteranos de Palo Alto, California, y apadrinó a Ken Kesey (el de *Atrapado sin salida*) y a los Merry Pranksters.

Según su hija, una de las pocas cosas que Margaret se reprochaba era su estupidez de abogar por la "legalización" de la marihuana en vez de pedir su "despenalización". Usar la palabra honesta había despertado demasiada oposición entre la gente.

Por otro lado, Margaret se enorgullecía de su colaboración con el doctor Benjamin Spock. Juntos, crearon las condiciones de la contracultura al convencer a las madres de manipular en vez de disciplinar a sus hijos. Ciertamente, la superficialidad general de la vida suburbana de la posguerra en los Estados Unidos ya había debilitado la fibra moral de la nación; pero el programa de Mead y Spock, en todos los aspectos, fue cuidadosamente planeado para inducir valores hedonistas en los niños, y la indisposición a aceptar las restricciones de la ética.

Mead, bajo fuego

Quizá los dos libros se escribieron en respuesta a una crítica a Margaret



Margaret Mead era menos inofensiva de lo que parece.

Mead que ha llegado hasta la prensa diaria. En febrero de 1983, el antropólogo australiano Derek Freeman, demostró documentadamente que el relato de la vida en Samoa de Margaret fue un completo fraude.

Parece que la cultura de Samoa era paranoide y amargada, y no como ella la pintó, relajada y tranquila. Tanto Jane Howard como Catherine Bateson dedican un buen espacio a defender a Margaret de la acusación de deshonestidad pues, apuntan, los estudios antropológicos son necesariamente tendenciosos e incompletos.

Pero la defensa tropieza con los elementos que da la propia Howard. El mismo asunto fue causa de agrias disputas entre Margaret y otro de sus esposos, el antropólogo Reo Fortune, con quien hizo trabajo de campo en Nueva Guinea. Mead, por supuesto, tuvo la oportunidad de publicar ampliamente sus puntos de vista, mientras que la carrera de su esposo, del que se divorció muy pronto, se arruinó. Cualquiera que lea estos dos libros quedará completa y correctamente convencido de que la antropología es un fraude.

Pero, como dije, ninguno de estos libros vale la pena de leer. No explican

que el propósito de la antropología es lavarle el cerebro a culturas enteras. Mead y sus maestros y esposos estudiaron culturas primitivas, minúsculas y paranoicas a fin de probar sus teorías de como convertir a los Estados Unidos en un conjunto de comunidades paranoicas.

¿A quién de veras le importa que Margaret haya tenido relaciones homosexuales con Ruth Benedict, entre otras, o que Gregory le haya sugerido a su hija tener relaciones sexuales? No eran, por cierto, la clase de asesinos de masas de los que se pudiera decir: "Sí, pero eran tan cariñosos con su fa-

milia." Mas lo importante es que trataron de convertir a la juventud de los Estados Unidos y Europa occidental a la perversión. Y esto a ninguno de los dos biógrafos les parece impugnable o siquiera digno de exponer en detalle.

La controversia que ha levantado Derek Freeman trae a colación un interesante aspecto incidental. Franz Boas apadrinó a Margaret Mead como parte de su proyecto de promover el relativismo cultural en lugar del racismo abierto de los eugenicistas del Museo de Historia Natural de Nueva York, apadrinados por la familia Harriman.

Esa es el ala liberal de la antropología, los fascistas de mano suave que niegan el atraso de las culturas primitivas con tal de condenar a la gente al eterno atraso impuesto por el dominio de sus varios amos imperiales.

Los racistas descarados —la misma gente que exhibía un esquimal diseccionado en el Museo de Historia Natural— sostienen el punto de vista de que el atraso está determinado biológicamente. Freeman pertenece a esta última escuela, la cual —lamentable pero no inexplicablemente— resurge en nuestros días.

—Carol White

La India será una super-potencia agroindustrial

viene de la página 8

única manera de incrementar la productividad es introduciendo tecnología avanzada a la industria". El doctor Rao sostuvo que lo más importante de la economía es el elemento humano, no los recursos naturales, y atacó las tesis maltusianas del Club de Roma.

Abrió las discusiones de la tarde, sobre la expansión de vínculos comer-

ciales interasiáticos, P.N. Agarwal, profesor del Instituto para las Economías en Desarrollo, de Tokio. El profesor Agarwal comparó la perspectiva económica india con la del Japón. Le siguió en el uso de la palabra Kongpol Adireksarn, miembro del parlamento tailandés, quien demostró los enormes beneficios económicos que pudieran derivarse de la construcción de un canal por el istmo de Kra, señalando que la nueva generación política del sudeste asiático es muy conciente

de la necesidad de este tipo de proyectos. El último ponente fue el señor Dalal, ex embajador indio en Tailandia y entusiasta partidario del canal de Kra.

Algunos de los diarios más importantes de la India, como el *Financial Express*, dieron amplia y favorable cobertura a la conferencia de *Fusion Asia*, y quedó establecido entre los participantes un ambiente de cordial cooperación que sin duda hará mucho por adelantar la causa del desarrollo económico del sudeste asiático.

Los Landsat: mejorar la Tierra desde el espacio

viene de la página 16

susceptible a las enfermedades. Con las imágenes del MSS, los agricultores se pueden dar una idea de qué partes de sus cultivos peligran cuando aún hay tiempo para llevar más agua, plaguicidas o fertilizantes a los cultivos afectados. Aun en días brumosos, Landsat puede fotografiar los cultivos, porque los rayos infrarrojos atraviesan la bruma de la atmósfera.

En otras regiones del espectro infrarrojo puede averiguarse también la cantidad de calor que dan diferentes plantas, rocas y suelos. Los geólogos esperan encontrar la onda infrarroja característica de diferentes tipos de rocas, de la misma manera que los agricultores se valen del "tono" infrarrojo característico de sus cultivos. Si por medio de las imágenes del Landsat llegan a determinar qué clase de rocas hay en qué lugares, los geólogos sabrán dónde hay ciertos minerales, petróleo y otros recursos naturales que

yacen bajo la superficie terrestre. También sabrán más sobre la formación de la corteza terrestre y la formación de los continentes, serranías, etc.

Cientos de aplicaciones

La información recabada por los satélites Landsat se ha aprovechado en más de cien naciones del mundo, para los más diversos fines.

Los científicos miden, por ejemplo, la cantidad de nieve que cae en las montañas en invierno, para informar a los agricultores cuánta agua habrá cuando se derrita la nieve en primavera. Si no ha caído suficiente nieve, los agricultores pueden saberlo desde el invierno, cuando todavía pueden cambiar sus planes de siembra y obtener agua de otras fuentes. Si ha caído demasiada nieve, sabrán de antemano que puede haber inundaciones.

Las imágenes del Landsat se han utilizado también para examinar grandes áreas del mundo y localizar fallas en la corteza terrestre que no se pueden descubrir a simple vista. El estudio de las fallas es uno de los elementos que

permiten prever el peligro de terremotos, así como localizar depósitos de minerales.

Las posibles aplicaciones de la detección desde el espacio son casi ilimitadas. A cada momento nuevas formas de emplear las imágenes de los detectores remotos y perfeccionar éstos. El dispositivo que Francia ha puesto en operación este año, llamado SPOT, tiene detectores con una resolución de 20 metros, además de ser orientables, lo que permite la observación múltiple de fenómenos muy tornados.

El gobierno francés, por cierto, ha invertido unos 400 millones de dólares en el dispositivo, y espera que su clientela sean principalmente países del Tercer Mundo. El gobierno subsidiará el servicio para garantizar que tenga precios "competitivos". Japón, por su parte, planea contar para 1990 con su propio satélite de detección remota. Los soviéticos ya tienen su propio servicio y ofrecen información en venta a los países subdesarrollados.

En este número

LA GEOMETRIA DE LA VIDA. La biología molecular pretende explicar la biología como una versión glorificada de la química y la física. Esa concepción reduccionista tiene una debilidad fundamental, que salta a la vista cuando se trata de la evolución: considera a la evolución biológica como un suceso estadístico azaroso. Ned Rosinsky expone que la vida consiste en lo fundamental de procesos de cambio o transformación, específicamente *trabajo biológico*, que se atienen a las reglas de la autosemejanza topológica.

UN ASUNTO DE VIDA O MUERTE. Lyndon H. LaRouche, fundador de la Fusion Energy Foundation, traza la epistemología indispensable a los investigadores para entender los procesos vivos y encontrar el modo de vencer procesos degeneradores como el cáncer. Luca Pacioli y Leonardo da Vinci ya habían observado que el proceso de la vida se distingue de los procesos no vivientes de un modo elemental y único, que es su crecimiento armónico autosemejante. Por eso es que, dice LaRouche, no se puede entender la vida usando la física reduccionista de Newton o la estadística azarosa de Maxwell y compañía.

LA REVOLUCION DE LOS LASERES EN MEDICINA. Los láseres empleados en cirugía y los que pronto estarán a nuestra disposición en la investigación biológica, son meros ejemplos del cambio tecnológico más profundo que haya habido desde la invención de la máquina de vapor. En la fotografía se muestra el empleo de los láseres en una intervención quirúrgica en el oído.

EL HOLOCAUSTO BIOLÓGICO EN AFRICA, AVISO DE CATASTROFE MUNDIAL. El doctor John Grauerholz demuestra que los brotes epidémicos que han provocado en el Tercer Mundo la desnutrición, el deterioro de los servicios de salud y la falta de infraestructura sanitaria, se extenderán irremediablemente a los países desarrollados a menos que se adopten medidas urgentes para detener el genocidio que devasta África y otras regiones.

