

# FUSIÓN

CIENCIA • TÉCNICA • ECONOMÍA • POLÍTICA  
Vol. 1 No. 1

ENERO 1981



Fusión nuclear:  
energía sin límites

México ..... 40.00 pesos  
Colombia ..... 95.00 pesos  
Argentina ..... 4.450.00 pesos  
España ..... 145.00 pesetas  
EE.UU. .... 1.75 dólares



Próximamente en FUSIÓN

## El desarrollo industrial de México para el año 2000



Un programa de 20 años:

México atraviesa por una fase crítica de transición hacia la industrialización. La Asociación Mexicana de Energía de Fusión en colaboración con la Fusion Energy Foundation presentan los resultados del primer estudio econométrico de la economía mexicana basado en el modelo LaRouche-Riemann. Lo que distingue a éste de todos los modelos econométricos que se conocen es su capacidad de pronóstico basado en las relaciones *causales* que determinan el comportamiento de la economía, por lo cual ha sido calificado como el "método de análisis económico más avanzado del mundo." A base de los resultados obtenidos, la economía mexicana deberá dar impulso especial a cuatro sectores a fin de efectuar sin percance la deseada transición. Estos son: la agricultura, la industria pesada, la capacitación de la fuerza de trabajo y la energía nuclear.

# FUSIÓN

CIENCIA • TÉCNICA • ECONOMÍA • POLÍTICA

Vol. 1, No. 1  
Enero 1981

ISSN 0272-1147

## Directores generales

Morris Levitt  
Cecilia Soto

## Directores

Robyn Quijano  
Lorenzo Carrasco

## Consejo Editorial

Demetrio Sodi Pallares  
Uwe Parpart  
Steven Bardwell

## Colaboradores

Charles B. Stevens  
Marsha Freeman  
Luis F. Abreu  
Henry Riasco  
Jorge Bazúa  
Ramón Murillo  
John Schoonover  
Carol Cleary  
Delia Araujo  
Richard Pollak  
Marcelino Barbosa

## Redacción

Adolfo Carbajal  
Elsa Ennis  
Carlos Potes

## Dirección artística

Christopher Sloan

## Producción

Martha Zoller

## Fotografía

Carlos de Hoyos

## Portada

Catalina Bazúa

Fusión es una revista bimestral publicada por la Fusion Energy Foundation de los Estados Unidos, en colaboración editorial con la Asociación Mexicana de Energía de Fusión. Oficinas de la Fusion Energy Foundation: 888 Seventh Ave., Suite 2404, New York, New York 10019. Teléfono (212) 265-3749. Dirección de la Asociación Mexicana de Energía de Fusión: Francisco Díaz Covarrubias 54 A, 2º piso, Colonia San Rafael, México 4 D.F.

Las opiniones expresadas en los artículos firmados no son necesariamente las opiniones de la Fusion Energy Foundation, la Asociación Mexicana de Energía de Fusión o de los directores o el consejo editorial de Fusión. Las opiniones de la F.E.F. y la A.M.E.F. se expresan en la sección editorial.

## Suscripciones

México: Editorial Benengeli, S.A., Francisco Díaz Covarrubias 54 A 2º Piso, Colonia San Rafael, México 4, D.F.  
Resto del mundo: Fusion Energy Foundation, 888 Seventh Ave., Suite 2404, New York, N.Y. 10019

## Tarifas de suscripción

	6 ejemplares	12 ejemplares
México	230 pesos	450 pesos
Resto del mundo	10 dólares	20 dólares

Fusión se publica en los Estados Unidos por la Fusion Energy Foundation.

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

Tiraje de este número: 30,000 ejemplares

Copyright © enero 1981

Fusion Energy Foundation

Printed in USA/Impreso en EE.UU.

All rights reserved/Todos los derechos reservados

## Artículos

- 24 **Fusión nuclear: energía sin límites**  
*Cecilia Soto*
- 29 **El estado actual de la investigación en fusión nuclear**  
*Charles B. Stevens*
- 38 **El procesamiento de materiales mediante la antorcha de fusión**  
*Marsha Freeman*
- 42 **El modelo econométrico LaRouche-Riemann**  
*Steven Bardwell*
- 56 **El Club de Roma, vástago de la OTAN**  
*Mark Burdman*
- 61 **Qué se puede hacer con el clima**  
*Lyndon H. LaRouche y Steven Bardwell*

## Reportajes

- 10 **ENERGIA NUCLEAR**  
Gran adelanto del Stellarator en la R.F.A.  
Argentina y Brasil cooperarán en materia nuclear  
Surcorea se interesa en reactores franceses
- 15 **POR EL MUNDO**  
Gran victoria para los partidarios de la fusión en EE.UU.  
Irak utilizará la energía nuclear para cultivar los desiertos  
México debate su futuro nuclear  
Millones condenados a morir por inanición en Africa  
Conferencia mundial de energía
- 21 **INFORME ESPECIAL**  
La Comisión Brandt y la redistribución de la pobreza
- 64 **CIENCIA E INVESTIGACION**  
Los MIRV y la bomba de neutrones

En la portada aparece el reactor Doublet III. Foto cortesía de General Atomic. En la contraportada aparecen, siguiendo las manecillas del reloj, el reactor Princeton Large Torus (foto PPPL), una gráfica del modelo LaRouche-Riemann en pantalla de computadora (foto NSIPS), un huracán en el Pacífico visto desde un satélite (foto NASA) y una reunión de la Organización del Tratado del Atlántico del Norte (foto OTAN).

## Secciones

- 2 EDITORIAL
- 3 LA CORRIENTE DE HUMBOLDT
- 4 LOS GENIOS
- 7 TÉCNICAS INADECUADAS
- 70 LIBROS
- 72 SOBRE LOS AUTORES

# La fusión nuclear: el reto de nuestros tiempos

En los próximos 20 años, y muy probablemente antes del siglo 21, el hombre habrá producido en una central industrial de fusión nuclear las mismas condiciones que permiten que al interior del sol se fusionen millones de núcleos atómicos para producir helio y grandes cantidades de energía. Con ello la humanidad inaugurará una época de abundancia sin parangón: el combustible básico de la fusión nuclear existe en cantidades que garantizan que se podrá consumir energía a ritmos mucho más elevados que los actuales por millones de años.

Nuestra revista, *Fusión*, nace con un doble propósito: difundir por el mundo de habla española las históricas noticias del proceso de desarrollo de esta nueva fuente energética, por un lado, y de convertirse en un instrumento de lucha para lograr la fusión termonuclear a escala industrial antes del siglo 21. A pesar de que apenas iniciamos nuestra publicación, podemos darnos tanta importancia por la sencilla razón de que nuestra revista pariente, la renombrada *Fusion*, publicada en inglés y de difusión mundial, ha contribuido de una manera decisiva al progreso de la investigación científica de la fusión nuclear en los Estados Unidos y a promover la cooperación internacional en la materia. *Fusion*, publicación de la Fusion Energy Foundation, cuenta ahora con una circulación mensual de 180,000 ejemplares. La FEF fue creada en 1974 y tres años más tarde, en julio de 1977, dio inicio a *Fusion* cuya circulación ha aumentado a un ritmo mayor que cualquiera otra revista científica.

Es indudable que en el campo de la fusión nuclear las conquistas se darán principalmente en los laboratorios de los países industriales. Sin embargo, es indudable asimismo que a menos que los países de habla española empiecen hoy mismo a preparar los científicos, los ingenieros y los técnicos necesarios para participar de estos logros y estar en posición de asimilar los adelantos que entrañan, el mundo de habla española quedará relegado al atraso y la miseria. A estos científicos, ingenieros y técnicos nos dirigimos. Mas por igual nos dirigimos al empresario, al funcionario y al público culto que abarca desde el estudiante hasta el obrero altamente capacitado.

Hemos escogido ese público porque vemos la necesidad de preparar al mundo de habla española para hacer la transición a la época de la fusión. Ello requerirá aprovechar al máximo la energía de fusión nuclear así como los recursos fósiles—por ejemplo el carbón y el gas natural—mediante la magnetohidrodinámica y otras técnicas avanzadas. Requerirá la puesta en marcha



de programas para asegurar la industrialización plena, para adiestrar a poblaciones enteras, para asegurar que la iniciativa privada esté en posición de competir mediante inversiones cuantiosas en programas de investigación científica y técnica. En una palabra, programas para asegurar el progreso. Un progreso basado en la ciencia y la técnica sin obstáculos o impedimentos.

Ya se habrá dado cuenta el lector: esta revista combatirá en el ámbito científico a los partidarios del atraso, del crecimiento cero y a los que sueñan con utopías bucólicas o feudales. Es decir, refutaremos tajantemente y siempre las fabricaciones puramente ideológicas del Club de Roma, de la llamada Comisión Brandt y de sus correligionarios en Latinoamérica y España. No hay tal cosa como "límites al crecimiento", no hay crisis debido al "agotamiento" de los recursos naturales o las materias primas. Lo que sí tenemos es una sobrepoblación de sociólogos, de economistas, de antropólogos y ecologistas que han retomado las viejas y desprestigiadas tesis de Malthus. Malthus decía que "la capacidad (de crecimiento) de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la tierra de producir el sustento del hombre". La mera existencia de la numerosa población actual del mundo y la producción agrícola moderna de los Estados Unidos desmienten contundentemente la tesis de Malthus. Si todavía hay hambruna en ciertos países subdesarrollados es por motivos políticos que no han permitido extender la agricultura moderna, tecnificada, por todo el orbe. Pero al igual que Malthus, muchos de estos partidarios del crecimiento cero y de las mal llamadas "ciencias sociales" no son otra cosa que alquilones al servicio de intereses creados a quienes no les conviene el progreso. Malthus era empleado de la Compañía de las Indias Orientales de Inglaterra, la compañía encargada de explotar los recursos naturales y la población de las colonias; encargada de asegurar que éstas no entraran en competencia con la metrópoli en el campo de la manufactura.

Hoy en día, si bien el Club de Roma y sus partidarios han exagerado fraudulentamente la supuesta crisis de materias primas (como lo hace el informe oficial del gobierno norteamericano *Global 2000*), lo cierto es que en lo que queda del siglo los costos de ciertas materias primas mostrarán una tendencia a dispararse a consecuencia de su agotamiento relativo. El fraude no consiste tanto en exagerar la medida en que se agotan estos recursos sino más bien en elaborar proyecciones lineales cuyos resultados "exigen" el crecimiento cero o la imposición de "límites al crecimiento."

Si es verdad que hemos entrado a una crisis relativa del aprovechamiento de los recursos naturales, entonces con más razón debemos crecer más rápido para dar una solución científica a la problemática. La única forma en que el hombre ha superado en el pasado este tipo de crisis ha sido mediante descubrimientos científicos que se traducen en nuevas técnicas productivas que determinan de nuevo qué es y qué no es un recurso natural para esa sociedad.

Por consiguiente, la realización de la fusión nuclear a escala industrial en el futuro inmediato nos permitirá acabar de una vez por todas con cualquier escasez de recursos naturales. Así, cuanto mayor sea la crisis de recursos naturales mayor deberá ser el ritmo del progreso científico y el desarrollo de la industria basada en el uso intensivo de capital.

Desde este punto de vista se pueden ver dos mundos totalmente diferentes. Por un lado un mundo en el que la humanidad disfruta de energía abundante y barata, un mundo en el que el hombre ha conquistado "el sol y las estrellas". Por el otro lado tenemos un mundo de escasez permanente, un mundo de conflictos y guerras causados por la escasez de recursos naturales y un mundo condenado a la hambruna y las enfermedades epidémicas que acabarían con grandes sectores de la población. Un mundo de genocidio. Genocidio porque ese régimen de oscurantismo medieval tendría que ser impuesto por movimientos y gobiernos enemigos a muerte del progreso de la ciencia y la técnica.

De su apoyo a *Fusión*, de su apoyo a la ciencia y al progreso de la técnica, dependerá en gran parte cuál de los dos mundos descritos tendremos al despuntar el siglo 21.

---

---

## La Corriente de Humboldt

---

---

Sr. Dr. Benjamín Franklin

Instituto Franklin

Filadelfia, E. U. A.

Mi bien recordado amigo:

Ha querido la providencia que 150 años después regrese a estas equívocas tierras a revisar el estado del desarrollo político, científico y económico de esta República Mexicana. Nadie mejor que usted para comunicarle mis inquietudes, mis observaciones y las perplejidades que aguijonean mis sentidos más que los mosquitos que aún abundan por estos australes territorios.

La vista del Valle de México desde el aire es un espectáculo majestuoso. Nos ha llenado de alborozo el poder constatar que no nos equivocábamos al predecir que la capital sería asiento de un gran emporio. En unos cuantos años será la más grande del mundo.

Nos vinieron a recibir nuestros grandes amigos, el doctor don Andrés del Río y don Antonio Alzate, con los cuales hemos gozado de sabrosas tertulias y nos han enterado de los grandes acontecimientos ocurridos durante nuestra larga ausencia. Hemos recibido en los pocos días que llevamos aquí infinidad de visitas e incontables muestras de aprecio.

Nuestros anfitriones nos dieron un paseo por la ciudad y descubrimos, no sin satisfacción, una estatua y una calle nombrada en nuestro honor. Honda impresión nos dejó descubrir nuestra efigie en la Biblioteca Nacional. La calle que lleva el nombre de usted tiene hermosos prados y le aseguro que se le recuerda con gran amor y respeto por estas tierras.

El doctor del Río nos ha acomodado en un espacioso gabinete en el "nuevo" Palacio de Minería, la antigua Escuela de Minas que estaba en construcción durante mi primer viaje. Lo bien conservado de los monumentos y obras arquitectónicas deja per el orgullo que sienten los mexicanos por

estos testigos imperecederos de su grandeza pasada y actual y de sus luchas republicanas. Nos contaba nuestro amigo Alzate que allá por los 1920 se inició una desventurada corriente nacionalista-chauvinista que se dedicó a decorar las paredes de los edificios públicos con tal mala gracia y fortuna, que más parecía que un adorador de Hutzilopochtli, que no pintor, hacia mofa de la historia de esta nación. Pero ya tendremos ocasión de darle cuenta del estado de las artes.

Nuestras pláticas y deliberaciones se han concentrado en los progresos de la ciencia y la investigación. Alzate se queja amargamente que los hallamos abandonado por tan largos años. Del Río, más ponderado, ha desarrollado un agudo sentido de la ironía con la que se defiende a diestra y siniestra de los embates de la ignorancia y la "sinrazón nacional" como él la llama.

"Figúrese usted, en México producimos un ingeniero o un físico-ma-

temático por cada dos mil picapleitos. Ahora los jesuitas se han apoderado de todas las universidades y enseñan sus malas artes con impunidad, y nosotros que ya las habíamos expulsado", deploraba Alzate, en tanto del Río me hablaba de los progresos de la industria nacional. "Sí, pero un picapedrero está a cargo de la elaboración de los libros escolares", terciaba Alzate, a lo que del Río replicaba con paciencia "sí, pero ahora todos los niños de México tienen educación primaria asegurada".

"¿Y qué me dice de los poetas?", preguntó Alzate fulminante, a lo que del Río contestó sonriente "ah, esa sí es una plaga contra la cual el único remedio es inocular a los niños desde pequeños con fuertes dosis de Cervantes y Dante, a más de arrullarlos con villancicos de Sor Juana".

La pirámide del saber en México, amigo Franklin, es más injusta que la desigualdad económica. Tiene una base muy lengua de ignorancia, poca altura en cuanto a luces y ciencia se

refiere y una base muy roma y desgastada. Con todo, el progreso ha sido enorme; la semilla que ayudamos a plantar ha dado frutos del ingenio magníficos y gobernantes notables, aunque no con la frecuencia y en la cantidad con la que hubiéramos querido. ¡Quién iba a decir que 60 años después que los próceres republicanos reformaron la Constitución y acabaron con los "científicos" genocidas de la época de Porfirio Díaz, todavía tendríamos que lidiar con estos follones! Pero no crea que soy pesimista y que quiero pintarle un panorama sombrío; nada de eso. Más tarde le contaré de los portentos que he encontrado. Por el momento, buena salud y adelante.

Con mi admiración y respeto incorruptibles

*Humboldt*

## Los Genios



Por decisión unánime del equipo editorial de la Asociación Mexicana de Energía de Fusión, el sitio de honor en nuestra galería de genios corresponde en esta ocasión al economista mexicano Cassio Luiselli. En palabras de uno de los jurados, el galardonado Luiselli, alto funcionario de la secretaría de Programación y Presupuesto de ese país "ganó como quien dice por una cabeza".

En su calidad de coordinador general del Sistema Alimentario Mexicano, el experto aclaró en buena hora al diario *Uno más Uno* el pasado 24 de julio que el modelo norteamericano de agricultura tecnificada resulta inaplicable a escalas más amplias "porque se necesitaría un consumo tal de energía eléctrica y petróleo que no alcanzarían los recursos de la tierra".

La AMEF decidió dar a conocer de inmediato estas observaciones geniales a fin de que los agricultores norteamericanos dejen tercamente de producir más toneladas por unidad energética invertida. Además tomará medidas para convencer a los más tercicos de todos, los agricultores mexicanos de las zonas de riego tecnificadas, que dejen de producir 3.5 veces más toneladas de maíz por unidad energética invertida que aquellos compatriotas que sí gozan de la agricultura tradicional del temporal de subsistencia. ¡Ni que fueran americanos!

También por decisión unánime y sólo por esta ocasión se acordó celebrar más aún el genio de Luiselli otorgándole *El taco de oro*, galardón al que se ha hecho acreedor por su recomendación de ir a "rescatar las formas campesinas de alimentación para solucionar nuestros problemas de nutrición".



# Espacio

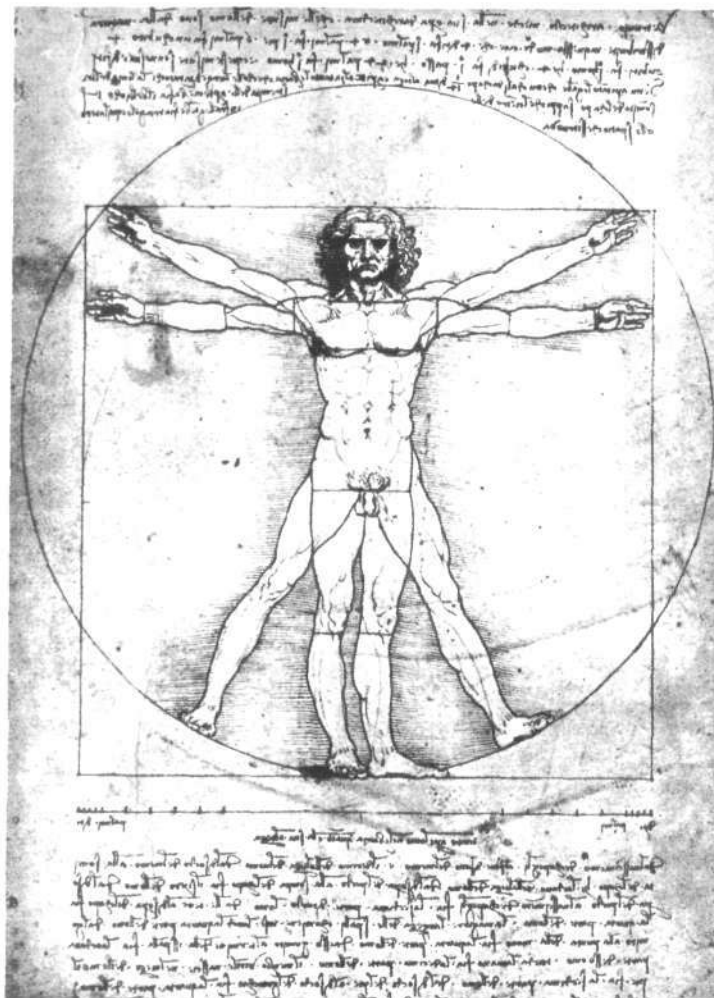
Revista de confrontación

Todos los espacios del universo y el hombre, confrontados en su multiplicidad.

El espacio del cosmos y el esfuerzo del espíritu humano por abarcarlo y concebirlo.

El espacio multifacético de la ciencia y sus fronteras siempre cambiantes.

El espacio de la historia, el espacio de la vida, el espacio reconquistado y reconstruido de los pueblos y las culturas.



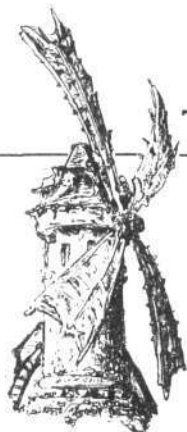
El espacio del progreso y de la técnica, del átomo y su energía, de los peces y los panes multiplicados por el diario milagro de la mente humana.

El espacio de la creación artística, de las edificaciones, de la música y la poesía, de lo divino hecho por la mano del hombre.

Espacios, volúmenes, luces, dimensión, confrontación.

Publicación bimestral.

Aparecerá próximamente, bajo la dirección del arquitecto Lorenzo Carrasco.



## Técnicas inadecuadas

### Los combustibles sintéticos: el fraudulento caso del gasohol

En años recientes el uso de combustibles derivados de la biomasa se ha venido proponiendo en varios países como reemplazo de los cada vez más caros combustibles fósiles. Por biomasa se entiende el uso de los llamados recursos renovables tales como productos agrícolas, árboles, y desechos vegetales y animales. Entre estos recursos se cuentan el metanol producido con desechos animales, el alcohol producido a partir de la fermentación de maíz, azúcar u otro producto agrícola, y la producción de calor a partir de la quema de paja, olotes de maíz, etc.

En Estados Unidos ambas cámaras del Congreso aprobaron recientemente la asignación de 1,450 millones de dólares del presupuesto federal para su inversión en proyectos de biomasa en los próximos dos años. En Brasil, el uso de gasohol, mezcla de una porción de alcohol con nueve de gasolina, está muy generalizado. La mayoría de los automóviles funcionan a base de gasohol o de alcohol puro de 190 grados. En los próximos 8 años, se fabricarán en total 2 millones de automóviles con motores de gasohol o algún otro derivado de biomasa.

El programa brasileño de sustitución de petróleo es enorme. Tan solo en lo que a alcohol se refiere, en los próximos 7 años habrá que invertir 10,000 millones de dólares en plantaciones de caña de azúcar, destilerías e instalaciones de apoyo para alcanzar la meta de 14,700 millones de litros de alcohol en 1987. Esto permitirá reducir en 10 por ciento el consumo de petróleo.

Para un país como Brasil que gasta 11,000 millones de dólares al año en petróleo importado, el uso de alcohol como combustible resulta obviamente atractivo. Ese país cuenta con una extensa frontera agrícola incultivada y millones de desempleados que podrían ser movilizados para un proyecto de tal naturaleza sobre la base de salarios de subsistencia. Aparentemente los combustibles sintéticos ofrecen la solución lógica para la "sustitución de importaciones" en países en desarrollo cuyos gastos por concepto de petróleo y servicio de la deuda han aumentado mucho más que sus exportaciones.

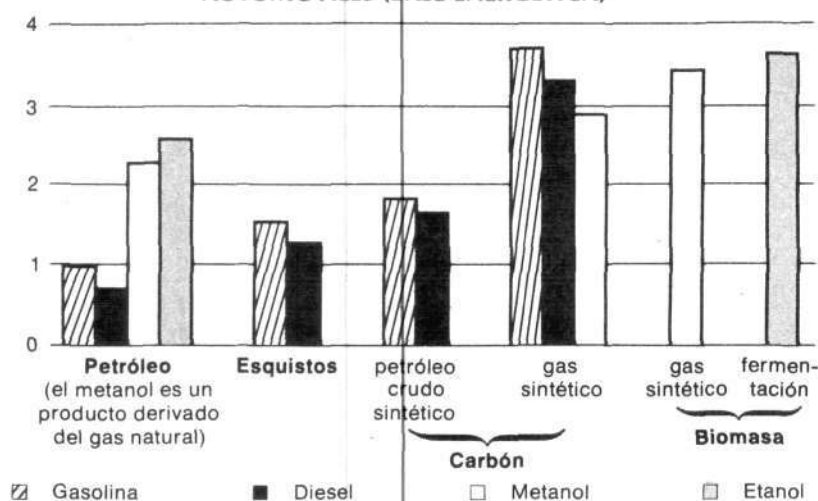
La experiencia brasileña y la norteamericana, empero, plantean serias interrogantes. Empecemos con

una ironía. Brasil exporta ahora etanol a Estados Unidos al precio del mercado mundial de 62 dólares por barril, en tanto que importa petróleo que cuesta aproximadamente la mitad, 31 dólares. El mayor costo del alcohol no es un accidente del mercado mundial. Refleja el hecho de que es mucho más caro producirlo por la simple razón de que para producir un litro de alcohol se invierte más energía de la que se obtiene. Cloud Gray, director ejecutivo de Midwest Solvents, que ocupa el segundo lugar como productor de alcohol en los Estados Unidos, afirma que una vez tomados en cuenta todos los insumos del proceso, la producción de un galón de alcohol requiere de 2.72 veces la energía contenida en el mismo, y ese cálculo es moderado.

Las cifras no podían ser más reveladoras. Una sola central nuclear de 1,300 megawatt que ocupa menos de 200 trabajadores produce el equivalente energético del alcohol producido por 200,000 jornaleros en una superficie de un millón de hectáreas de caña de azúcar.

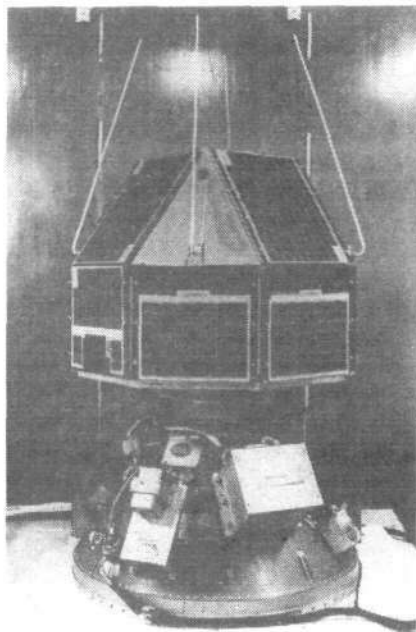
Pasa a la página 69

**COSTOS RELATIVOS DE LOS COMBUSTIBLES LIQUIDOS PARA AUTOMOVILES (BASE ENERGETICA)\***



\*Datos tomados de "Directions for Alternative Fuel Programs", informe elaborado por Joseph M. Colucci de los laboratorios de investigación de la General Motors Company.





S.I.I.

El satélite indio *Rojini*.

## Notas breves

### LA INDIA ENTRA AL "CLUB DE NACIONES DE LA ERA ESPACIAL"

En julio de 1980, la India se convirtió en el sexto país del mundo que exitosamente pusiera un satélite en órbita usando un cohete de su propia construcción. El "Rojini", un satélite de 77 libras, fue puesto en órbita por un cohete de combustible sólido de cuatro etapas y 17 toneladas de peso, lanzado desde las instalaciones espaciales del gobierno en el sureste del país. El satélite fue diseñado para llevar cuenta del funcionamiento del vehículo de lanzamiento, y completa su órbita cada noventa minutos.

El programa espacial fue concebido por el finado Dr. Vikhram Sarabhai, segundo director de la Comisión de Energía Atómica de la India. Estando al mando de esa comisión a comienzos de la década pasada, el Dr. Sarabhai puso un énfasis especial en la necesidad de dominar la tecnología espacial para su utilización en el área de las comunicaciones. El satélite *Rojini* es parte de este esfuerzo. Sarabhai fue también uno de los primeros proponentes del concepto del "complejo agroindustrial" que hace uso de la energía nuclear en proyectos de gran escala.

### AMBICIOSO PROGRAMA DE INVESTIGACION PROPONEN EN JAPON

En una propuesta de desarrollo económico nacional, el Ministerio de Industria y Comercio Exterior (MITI) del Japón propone hacer de un vasto programa de investigación científica y tecnológica el centro de la economía nacional en la década de los ochenta.

Aunque la propuesta tuvo muy buena acogida en círculos gubernamentales e industriales, de imponerse las demandas del gobierno estadounidense para que Japón aumente sus gastos militares, podría no recibir el presupuesto adecuado. También dificultaría su ejecución la decisión de reducir el déficit presupuestal actual de ese país.

No obstante, en caso de adoptarse, la propuesta aumentaría al 3 por ciento del producto nacional bruto el total de los gastos hechos en la investigación, o sea el doble de lo que ahora se gasta. Esto estimularía la inversión de capitales mixtos en las siguientes áreas tecnológicas de avanzada: fisión y fusión nuclear, turbinas de gas sumamente eficientes, robots industriales, máquinas herramientas manejadas por computadora, sistemas de diseño y producción industrial manejadas por computadora, y aplicaciones agrícolas de los últimos descubrimientos en fotosíntesis y genética.

Las proyecciones de MITI se basan en la suposición de que las limitaciones energéticas de esta década reducirán al 5 por ciento la tasa promedio anual de desarrollo económico del Japón.

### SOVIÉTICOS CONSTRUYEN EL PRIMER NUPLEX DEL MUNDO

Según el semanario francés *L'Express*, la Unión Soviética está construyendo el primer nuplex del mundo, un complejo industrial diseñado en torno a un reactor nuclear de alta temperatura. El plan soviético consiste en construir varios reactores nucleares de alta temperatura de 1,000 megawatt de diseño integrado a plantas acereras y químicas para producir calor para uso industrial. Un reactor de este tipo podría abastecer de energía a dos fábricas que producirían 1 millón de toneladas de amoníaco para fertilizantes, o a una siderúrgica con una capacidad de 2 millones de toneladas de acero al año. Los soviéticos no han revelado donde se encuentra el nuplex.

El nuplex no solo aprovecha el calor "desperdiciado" en el proceso de generación de energía nuclear sino que hace innecesario el abastecimiento por separado de energía y de calor para uso industrial. La Fusion Energy Foundation y la Asociación Mexicana de Energía de Fusión proponen hacer de los nuplex la piedra angular de la industrialización del Tercer Mundo.

## EL INFORME GLOBAL 2000 AUGURA CRECIMIENTO CERO

El Consejo sobre la Calidad del Ambiente, organismo creado por la Casa Blanca, y el departamento de Estado norteamericano dieron a conocer el Informe Global 2000 al Presidente el pasado 24 de julio, en el cual se plantean una serie de pronósticos de cero crecimiento para el mundo.

Según el Informe, el crecimiento demográfico crecerá a un ritmo mayor que la producción de alimentos (a precios actuales), lo que condena a grandes sectores de la población mundial a la desnutrición puesto que el Producto Nacional Bruto promedio no les permitirá ganar lo suficiente para comprar alimentos.

Para el año 2030 la población del mundo ascenderá a 10,000 millones y a 30,000 para el año 3000 lo cual según la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos es el máximo que puede mantener el planeta. El agua potable, el aire puro, la tierra arable y las reservas piscícolas pasarán a ser objeto de gran competencia. Aumentará la brecha entre los países avanzados y los subdesarrollados.

Ese estado de cosas es probablemente indeseable, dice el Informe. ¿Cuál es la solución? Conservar energía y los recursos naturales limitados; implantar un régimen de planificación familiar y control de la población a la par con la aceptación del concepto de que "las revoluciones tecnológicas" no presentan soluciones.

En consonancia con el concepto del presidente Carter sobre la energía nuclear—que es peligrosa, cara y no renovable—los pronósticos del Informe en materia de energéticos no dejan esperanza al mundo. Al limitarse a la pezca ordinaria y la agricultura ordinarias, las técnicas agrícolas modernas serían demasiado caras para la mayor parte de los agricultores del mundo.

## PIDEN DIFUNDIR "SECRETOS" DEL CONFINAMIENTO INERCIAL

El Dr. Ray E. Kidder, pionero del programa para desarrollar la fusión termonuclear por rayos láser y confinamiento inercial en los Estados Unidos, ha hecho un llamado para que se den a conocer todos los avances logrados hasta ahora en ese programa. Kidder afirma que si bien hay una relación de tipo teórico entre las microexplosiones producidas en el proceso de fusión inercial y las armas termonucleares, las investigaciones y dispositivos propios de las primeras no tienen aplicaciones directas en la fabricación de armas nucleares.

El Dr. Kidder afirma que "una política de apertura no solo facilitaría la cooperación entre las naciones sino que facilitaría la plena participación de las universidades del país en el programa . . . participación que podría acelerar en forma substancial el progreso hecho en la producción de energía".

## LA RADIACION NO ES CAUSA MAYOR DE CANCER

Un comité del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos publicó a fines de julio un estudio, en el cual se reduce la tasa estimada de cánceres humanos producidos por exposición a la radiación, a la mitad de la tasa proyectada por el mismo comité en 1972. El comité fue comisionado por la Dirección para la Protección del Ambiente, organismo gubernamental, para que estimara los efectos biológicos que la exposición a la radiación tiene en los seres humanos.

La reducción de la tasa estimada reside básicamente en que ahora se cuenta con mejores modelos de respuesta a dosis de radiación para evaluar el cúmulo mucho mayor de información científica de que hoy se dispone sobre todo en lo que concierne a estudios epidemiológicos y conocimientos radiobiológicos. El comité encontró que el modelo cuadrático-lineal es el más práctico. Este modelo muestra que la tasa estimada de cánceres producida por niveles bajos de radiación (los cuales constituyen la generalidad de los casos) es mucho menor que la tasa que resultaría de aplicarse una extrapolación lineal de los resultados obtenidos de experimentos con altas dosis de radiación.



O.N.U.

El secretario de Estado norteamericano Edward Muskie.



## Gran adelanto del stelarator en la R.F.A.

Los científicos del laboratorio Max Planck, ubicado en Garching, República Federal de Alemania, lograron un importante avance en materia de fusión nuclear controlada con el dispositivo stelarator más avanzado del mundo, el Wendelstein VIIa, el verano pasado al lograr un considerable período de confinamiento del plasma y señales de funcionamiento continuo. Los resultados se aproximan a los obtenidos en el tokamak, dispositivo en forma toroidal que en la actualidad constituye el método más investigado a escala internacional para producir reacciones de fusión nuclear mediante confinamiento magnético. El tokamak depende de una corriente eléctrica inducida en el plasma, de manera que su funcionamiento es intermitente. Los resultados obtenidos recientemente en el stelarator se obtuvieron sin inducir una corriente eléctrica en el plasma, lo que implica la posibilidad de un funcionamiento continuo o ininterrumpido.

Los resultados obtenidos en el Wendelstein VIIa confirman el punto de vista expresado hace varios años por un destacado científico soviético: "Los tokamak son buenos, pero los stelarator son mejores". Irónicamente el tokamak, que fue inventado en la Unión Soviética, ha sustituido casi por completo la investigación del stelarator en los Estados Unidos, a pesar de que ahí se inició la investigación de este último. Por otro lado, en la Unión

Soviética se mantiene un importante programa de investigación respecto al stelarator.

A primera vista, éste es muy similar al tokamak: un sistema de confinamiento magnético en forma toroidal, con bobinas externas que generan una 'botella' magnética que confina y aísla el plasma termonuclear.

En la década de 1970 se lograron en el stelarator importantes resultados parecidos a los obtenidos en el tokamak, en los que una corriente eléctrica inducida en el plasma fue un factor importante. Los resultados obtenidos con estos stelarator fueron equiparables a los logrados en tokamaks de tamaño similar, mostrando que sus primeros fracasos experimentales no se debieron a los conceptos científicos básicos sino a problemas técnicos como el diseño del imán o a impurezas.

La diferencia de los recientes experimentos con el Wendelstein VIIa es que el confinamiento del plasma se logró con una corriente externa únicamente. Por lo tanto, los resultados permitirán a los científicos investigar completamente las diferencias entre los métodos tokamak y stelarator de confinamiento magnético, lo cual conducirá a su mejor entendimiento.

Los resultados recientes también podrían proporcionar las bases para importantes avances substanciales en materia de la tecnología para un reac-

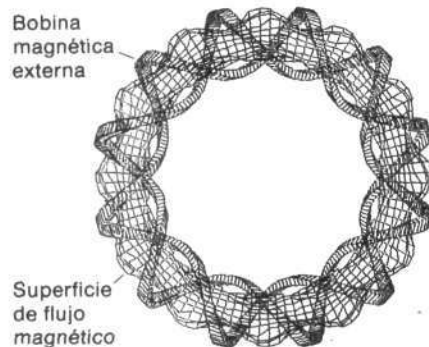
tor de fusión, pues apuntan hacia la posibilidad de que un reactor pueda funcionar de forma ininterrumpida. Conforme a los modernos dispositivos de fusión basados en el modelo tokamak, la reacción de fusión debe ser interrumpida después de cierto tiempo (que puede ser desde un minuto hasta una hora). El plasma debe ser renovado y calentado nuevamente a temperaturas críticas, lo cual supone gran costo y dificultades técnicas.

En cambio, el funcionamiento sin corriente interna del stelarator sienta las bases para un sistema de confinamiento de plasmas ininterrumpido, y se espera perfeccionar este método teórica y experimentalmente.

El stelarator está diseñado de manera que todos los componentes del campo de confinamiento magnético sean generados mediante circuitos eléctricos externos al plasma. En el tokamak, una parte considerable del campo magnético de confinamiento—el componente poloidal—es generado mediante una corriente eléctrica inducida en el interior del plasma. Además, el stelarator no es simétrico con respecto a sus ejes, a diferencia del tokamak que siempre tiene una sección transversal uniforme, ya sea circular, elíptica, en forma de D o en forma de un número 8. El toroide tipo stelarator tiene una superficie ondulada (figura 1).

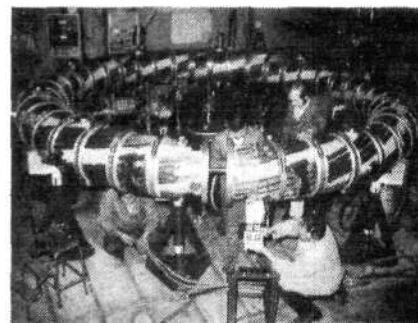
Estas diferencias aparentemente menores dan lugar a grandes diferen-

**Figura 1**  
**LA CONFIGURACION STELARATOR**



**Figura 2**  
**VARIACIONES GEOMETRICAS DE LOS CAMPOS MAGNETICOS DE CONFINAMIENTO EN UN STELARATOR**





Instituto Max Planck

El Wendelstein VIIA del Instituto Max Planck de física de plasmas de la República federal de Alemania.

cias en la teoría y en la práctica. Debido a su simetría axial, el tokamak se presta a un análisis mucho más simple teóricamente. Matemáticamente, por ejemplo, se puede reducir al análisis bidimensional y algunos modelos aproximados se calculan hasta en una dimensión. Por otra parte, el stelarator se debe analizar en un sistema matemático tridimensional y es más difícil de construir, ya que utiliza más imanes externos arreglados en serie con geometrías complejas.

Esta última dificultad es probablemente el motivo por el cual los tokamak han avanzado más rápidamente que los stelarator en el laboratorio.

De cualquier manera, ya que el stelarator puede funcionar sin una corriente inducida en el plasma, el costo y la dificultad del funcionamiento intermitente del tokamak se pueden eliminar. A esta ventaja se puede sumar el hecho irónico de que el stelarator es mucho más accesible al análisis teórico avanzado que el tokamak. Por esa razón los experimentos stelarator podrían conducir a un desarrollo acelerado de la teoría de confinamiento del plasma, la cual a su vez permitiría una mejor comprensión de la dinámica del tokamak. Por ejemplo, las configuraciones geométricas que pueden tomar los stelarator son varias. La figura 2 representa secciones transversales de algunas de ellas. Si se comparan estas con la figura 1 se puede ver cómo

enrollan y cubren el toroide stelarator los campos de confinamiento magnético.

El símbolo  $L$  se refiere al número de ejes de simetría que tienen las secciones transversales; en el Wendelstein VIIA,  $L=2$ .

Para iniciar el funcionamiento del plasma, el Wendelstein VIIA utiliza una corriente de 18 mil ampere a través del plasma. Este plasma inicial tiene una temperatura de varios cientos de electrón-volt, ambos electrones e iones, y una densidad máxima de  $5 \times 10^{13}$  electrones/cm<sup>3</sup>. Los períodos de confinamiento medidos en ese modo de funcionamiento se han calculado en cuatro milésimas de segundo aproximadamente, lo cual es equiparable al período obtenido en los tokamak con campos magnéticos y plasmas de magnitud similar.

Para que funcione sin corriente inducida, la corriente del plasma es disminuida a 200 ampere (un valor relativamente pequeño). Se encienden los calentadores de haces neutros y se inyecta más combustible al interior del plasma por medio de inyectores de gases. Las temperaturas del plasma alcanzan de 700 a 900 electrón-volt. El plasma permanece estable, aparentemente, aunque hasta ahora no se ha medido aún el tiempo de confinamiento. Ello se debe a que la radiación resultante del plasma aumenta de 40 a cerca de 150 kilowatts en la fase sin corriente. Se cree que esto es

causado por las impurezas (elementos distintos al hidrógeno) que se trasladan al plasma desde la pared de la cámara de vacío.

Los calentadores de haces neutros inciden casi perpendicularmente sobre la columna del plasma debido a que el gran número de bobinas magnéticas externas del VIIA dificultan el acceso. El plasma no es lo suficientemente espeso o denso a este ángulo de incidencia como para detener todos los haces neutros inyectados en el dispositivo. La mayoría de los tokamak funcionan con inyectores de rayos neutros que inciden tangencialmente sobre la columna de plasma. De este modo el haz cubre más plasma y se absorbe de manera más íntegra. En cualquier caso, se cree que en el VIIA una gran parte del haz neutro atraviesa el plasma y llega a la pared opuesta de la cámara de vacío. Aparentemente esto provoca la infiltración de impurezas en el plasma, lo que a su vez origina la pérdida de energía de alta radiación. Existen planes para cambiar la estructura de los arrollamientos magnéticos del Wendelstein en los próximos meses, a fin de permitir más inyecciones tangenciales. Esto, junto con otras medidas de control que se han creado para los tokamak, podría conducir en el futuro al funcionamiento con plasmas de hidrógeno puro de tal manera que los resultados no serían oscurecidos por las impurezas.



### Argentina y Brasil firman acuerdo de cooperación nuclear

El 20 de agosto, los gobiernos de Argentina y Brasil firmaron un acuerdo de cooperación nuclear que incluye el intercambio de información y científicos para su capacitación en laboratorios, la enseñanza y la investigación conjunta. El acuerdo dispone también los primeros pasos para integrar la producción de componentes de centrales nucleares.

Argentina le prestará a Brasil 240 toneladas de uranio concentrado durante 1982-1983 y Brasil le pagará en el período 1983-1984 con la misma cantidad más el 6 por ciento del uranio concentrado producido en la nueva instalación brasileña de Pocos de Caldas. Una vez enriquecido en otro país, Brasil podrá emplear ese uranio como combustible en su primera central nuclear, Angra I—cuya

construcción está a punto de terminar la compañía Westinghouse—sin tener que preocuparse por la actitud de Washington.

Se firmaron también acuerdos que estipulan el uso de ensamblajes de pastillas de combustible y tuberías hechas con aleación de circonio argentinas en instalaciones nucleares brasileñas. Argentina también se comprometió a comprar vasijas de reactor y otros componentes pesados que puedan fabricarse en la flamante fábrica de componentes nucleares brasileña, la más avanzada en su género en toda América Latina.

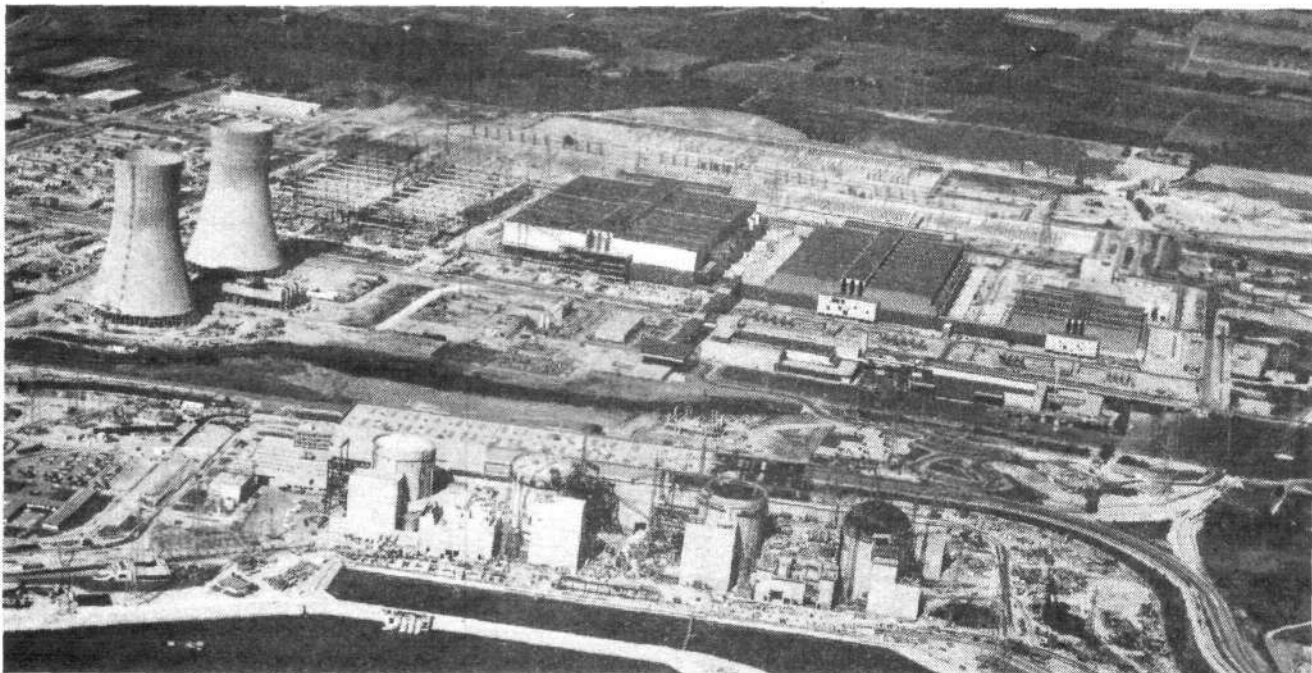
### Corea interesada en reactores franceses

El presidente de Corea del Sur, Choi Kyuhah, ha ordenado una revisión de los planes gubernamentales para la aceptación de licitaciones internacionales concernientes a cuatro nuevos reactores para las centrales 9, 10, 11, y 12 de ese país. Fuentes bien informadas estiman que esta acción está encaminada a facilitar los esfuer-

zos de la compañía nuclear francesa, Framatome, por conseguir un contrato con Corea, cuyo mercado nuclear hasta ahora ha sido monopolio de los Estados Unidos. Tras la visita de una delegación de alto nivel encabezada por Francois Giscard d'Estaing, primo del presidente de Francia y director del Banco Francés de Comercio Exterior, las posibilidades de participar en el mercado coreano han mejorado considerablemente para Francia.

La última decisión del gobierno ha abierto la posibilidad de que Francia provea al menos dos de los cuatro reactores cuya construcción espera comenzarse en 1981.

Existe en ese país la preocupación de que, a pesar de los compromisos hechos por el gobierno norteamericano, la dependencia exclusiva de los Estados Unidos como proveedor de tecnología nuclear constituye un riesgo político en vista que cada vez aumentan más las restricciones impuestas por Washington a las exportaciones nucleares de ese país. Corea es uno de los signatarios del tratado de no proliferación nuclear.



En la foto, la central nucleoelectrónica de Tricastin en Francia.

EDF

## Gran victoria para los partidarios de la fusión nuclear en EE.UU.

El 25 de agosto de 1980, la Cámara de Representantes de los Estados Unidos aprobó por abrumadora mayoría la iniciativa de ley en cuestiones energéticas más importante de la década: la iniciativa McCormack que propone un programa para lograr el uso industrial de la energía de fusión nuclear para fines de siglo. El proyecto de ley que auspició el representante demócrata del estado de Washington Mike McCormack, estipula un presupuesto de 20,000 millones de dólares para financiar un programa intensivo a veinte años para desarrollar la fusión termonuclear controlada por confinamiento magnético.

La impresionante aprobación de la iniciativa—365 votos a favor y 7 en contra—ha venido a redefinir por completo las perspectivas del desarrollo de la fusión termonuclear en los Estados Unidos. A consecuencia de la votación, el 24 de septiembre la Cámara de Senadores aprobó una iniciativa de ley para el desarrollo de la fusión en términos y plazos muy similares a los propuestos en el proyecto McCormack.

La nueva iniciativa viene a aumentar el presupuesto del programa actual de fusión hasta cerca de 500 millones de dólares para 1982, cosa que permitirá la construcción de un reactor experimental a partir de principios de la década.

La respuesta de la comunidad científica estadounidense a la iniciativa congresional ha sido de júbilo general ya que por sí misma coadyuvará al desarrollo de muchas otras tecnologías avanzadas que de una u otra forma se relacionan con la alta tecnología envuelta en la energía de fusión nuclear.

Interrogado sobre el particular, el director de la Fusion Energy Foundation (FEF), Morris Levitt, comentó: "este es un gran día para los Estados

Unidos. Al reconocer que podemos disponer de los beneficios ilimitados de la fusión a corto plazo, el Congreso nos ha señalado la mejor opción a las políticas de austeridad y enormes proyectos inútiles de combustibles sintéticos, los cuales, se ha dicho son nuestros futuro económico". Levitt hizo notar el papel que la FEF desempeñó en esta victoria para las fuerzas pro-fusión de los Estados Unidos con la promoción que ha venido haciendo de esta fuente de energía desde 1974. Elogió también la excelente labor que los directores del programa gubernamental para desarrollar la fusión han venido desempeñando sobre todo a partir de la década de los sesenta.

El proyecto de ley McCormack estipula la dedicación de la nación entera a la construcción de un dispositivo para poner a prueba la factibilidad de la energía de fusión por el procedimiento de confinamiento magnético para el año 1987. Una vez logrado ese enorme paso, antes del año 2000 se deberá construir un reactor experimental de fusión para producir una cantidad neta de energía y demostrar la factibilidad industrial inmediata de la fusión a través de centrales nucleoelectricas.

Este programa solo se puede comparar al programa espacial Apolo de los años sesenta cuando el gobierno estadounidense encauzó grandes recursos financieros, científicos y tecnológicos a la misión de enviar un hombre a la luna. Al igual que el programa espacial, el proyecto de fusión es de tal magnitud que estipula la reorientación de la educación científica nacional a fin de capacitar la fuerza de trabajo necesaria, y sus conquistas tecnológicas contribuirán al desarrollo de otras tecnologías. En un discurso ante el pleno del Senado el día de la votación, el representante



Suzanne Klebe/NSIPS

El parlamentario norteamericano Mike McCormack, autor de la iniciativa de ley que lleva su nombre.

McCormack explicó así las consecuencias históricas del proyecto de ley: "Hay que entender cuál es el lugar que ocupamos en la historia. Yo predigo que las generaciones del futuro verán la decisión que hoy tomemos en cuestión de energía nuclear como un punto de cambio. Tendremos energía inagotable para nosotros y para el mundo. Somos una sociedad en transición: transición de viejas a nuevas fuentes de energía, y cuando pasemos al mundo de la fusión controlada por confinamiento magnético que podemos lograr antes del año 2000, habremos dado el paso más importante en la historia de la humanidad".

El líder de la mayoría demócrata en la Cámara, el texano Jim Wright, exhortó a sus colegas a dar su apoyo a la iniciativa de fusión la cual, dijo, cobra relevancia "en este momento de la historia en que la población creciente de un mundo hambriento que tal vez se esté comiendo viejos recursos energéticos como el petróleo y el carbón sin desarrollar nuevas fuentes, bien puede estar al borde de la hambruna".

### Millones a punto de morir en Africa

El pasado mes de agosto, el departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) publicó un informe sobre la desastrosa situación en que se encuentra la agricultura africana.

Según el Informe de la USDA sobre la situación agrícola en África: examen de 1979 y perspectivas para 1980, en 1979 la producción de alimentos en varios países africanos fue 3 por ciento menor a la de 1978. En comparación a la producción promedio total de 1961 a 1965, en ese período, la producción de alimentos per cápita disminuyó en 90 por ciento.

Uno de los aspectos más reveladores del informe es su señalamiento de que si bien la producción alimenticia disminuyó, "la producción agrícola global" permaneció igual. La disminución de la producción alimenticia se vio compensada por el aumento de la producción de las cosechas de exportación como el algodón, el té y otros productos con los cuales se captan divisas para financiar importaciones de petróleo y para hacerle frente al servicio de la deuda exterior. Esta reorientación hacia las cosechas de exportación se ha manifestado desde hace varios años y sirve para explicar en gran medida el desastroso estado actual de las economías de la región al sur del Sahara. Según los estudios más completos que se conocen, de 10 a 70 millones de personas estaban en peligro de inanición en el verano de 1980.

La decisión de producir bienes para la exportación, obedece a las onerosas condiciones que exigen a los gobiernos africanos el Fondo Monetario Internacional y otros organismos financieros internacionales para otorgar asistencia económica.

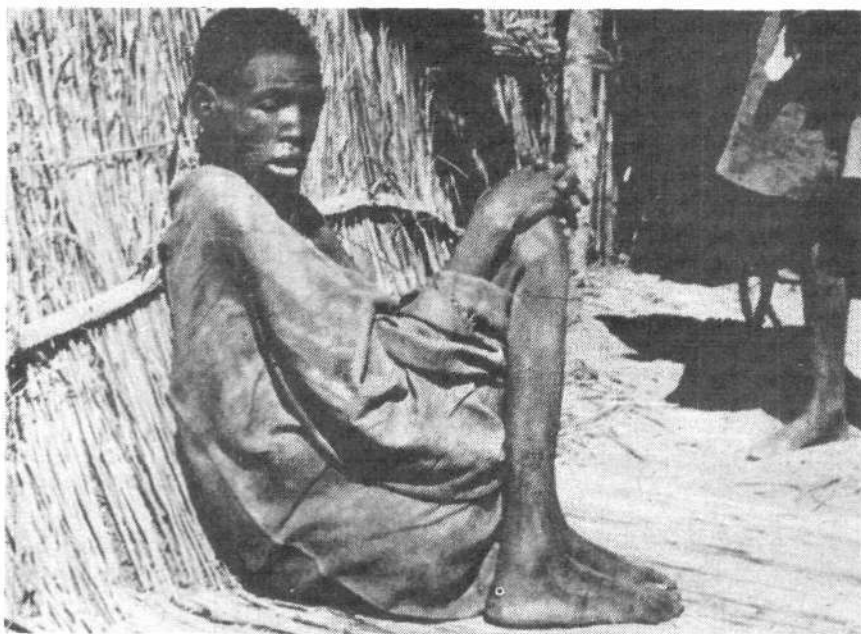
La región más golpeada por el

hambre se extiende de un extremo a otro del continente, desde Senegal hasta Etiopía y Somalia. En esta última región, la zona devastada se extiende hacia el sur pasando por Kenia, Tanzania, Mozambique y Zambia. Una serie de conflictos tanto internos como entre algunos países ha originado un doloroso éxodo de refugiados que huyen de la devastación de la guerra, lo cual ha agudizado los problemas de la inanición. En ocho países de África oriental tan sólo, entre ellos Djibouti, Etiopía, Kenia, Uganda, Mozambique, Somalia, Tanzania y Zambia, hay 9.2 millones de refugiados y nómadas hambrientos. Los abastecimientos de alimentos han disminuído en otros 15 países, entre los que se cuentan Senegal, Mali, Mauritania, Rwanda, Chad, Swazilandia, Angola, Malawi, Zimbabwe, Namibia, Lesotho, Botswana, Sudán y Zaire. En este último, a pesar de que grandes porciones de la población consumen ahora solo 1,000 calorías al día (lo mínimo para subsistir son 2,500 calorías), el FMI le ha exigido al gobierno que reduzca la producción alimenticia y los niveles de consumo

como condición para proporcionarle ayuda financiera.

La solución a este desastroso cuadro yace en una pequeña porción de las reservas de granos estadounidenses. Expertos en la materia aseguran que 1.6 millones de toneladas de granos bastarían para mantener esas poblaciones hambrientas a niveles mínimos de nutrición por los próximos 12 meses. Tres millones de toneladas bastarían para elevar esa dieta por encima de los niveles mínimos.

Varios organismos privados y gubernamentales de los Estados Unidos tienen planeado enviar socorro. No obstante, la mayor parte de los abastecimientos no llegará a África sino hasta la próxima primavera. Según los observadores políticos, los Estados Unidos fácilmente podrían suministrar de sus excedentes agrícolas las tres millones de toneladas de granos a África junto con los vehículos y el personal necesarios para su pronta distribución, así como la asistencia técnica y financiera necesaria para desarrollar la agricultura moderna que necesita el continente para solucionar sus problemas alimenticios.



O.N.U.

La desnutrición y las enfermedades han condenado a muerte a millones de africanos. En la foto, una víctima del "mal del sueño".



## Cónclave mundial en Munich debate la energía nuclear

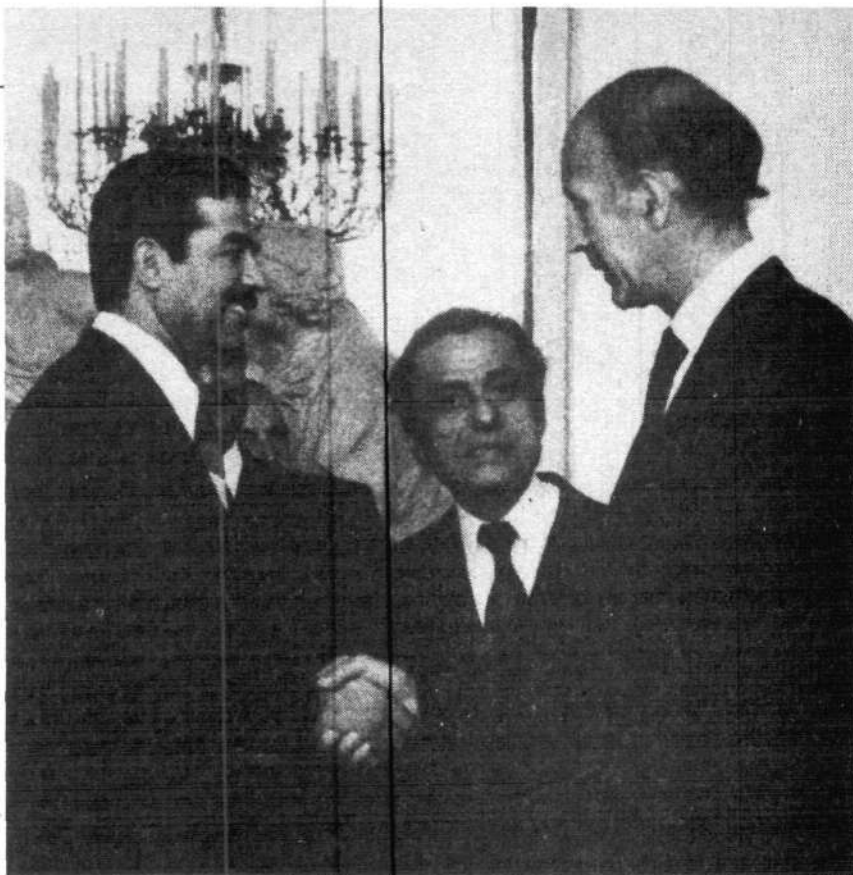
La energía nuclear fue el tema principal de las deliberaciones de la Conferencia Mundial de Energía que tomó lugar del 8 al 12 de septiembre en Munich, Alemania Occidental.

Al inaugurar los trabajos del cónclave, el canciller del país huésped, Helmut Schmidt, señaló que el peligro que hoy ensombrece el panorama mundial de guerra proviene en gran parte de la falta de desarrollo de nuevas fuentes de energía. "No podemos cerrar los ojos" ante esta verdad, dijo Schmidt a los delegados provenientes de 78 países.

Klaus Knizia, presidente de la compañía de electricidad alemana Vereinigten Elektrizitätswerke, retomó la advertencia del canciller para señalar la gran importancia que reviste la energía nuclear para el mantenimiento de la paz mundial y la satisfacción de la demanda mundial de energía. Los países industrializados, dijo Knizia, deben sustituir el petróleo por la energía nuclear y el carbón. Lo mismo deben hacer los países subdesarrollados que han alcanzado niveles mayores de avance industrial.

Gran interés provocó entre los asistentes el planteamiento de la delegación soviética ante el pleno de la reunión. El profesor Styrikovich de la Academia Soviética de Ciencias propuso a los países de occidente colaborar en la explotación de las minas de carbón de Siberia a cambio de parte del carbón extraído. La propuesta soviética fué apoyada por el destacado especialista en minas germano occidental Erwin Anderheggen, quien al tomar la palabra afirmó que los obstáculos que han impedido la integración de la red de transmisión eléctrica entre Europa Oriental y Europa Occidental no son técnicos sino políticos.

—Dana Sloan



Robert Cohen/AGIP

El jefe de Estado de Irak, Saddam Hussein, recibe a su colega francés, Valéry Giscard d'Estaing, durante la visita de éste a Irak el año pasado.

## Irak utilizará la energía nuclear para cultivar los desiertos

El gobierno iraquí anunció a fines de julio de 1980 que el gobierno francés le ha ofrecido seguridad de que le proporcionará tecnología nuclear. La declaración oficial expresa que el gobierno iraquí se propone usar la energía nuclear para "fertilizar el desierto" y provocar "cambios climáticos y agrícolas permanentes" en el mundo árabe.

Varias partes han expresado su oposición a que Francia le venda un reactor experimental a Irak. Al igual que en el caso de la India y otros países en desarrollo, estas partes han sacado a relucir el fantasma de la proliferación de armas nucleares. En este caso se arguye que Francia le dará a Irak materiales nucleares con los cuales bien se puede fabricar una bomba

nuclear y que la adquisición de tecnología nuclear por parte de Irak cambiará el equilibrio de poder en el Medio Oriente.

No obstante, el presidente Giscard d'Estaing ha ignorado los consejos de Londres y Washington y ha velado porque se lleve a efecto la venta para lo cual ha hecho notar que Bagdad es signatario del tratado de no proliferación nuclear.

Para dar una idea de qué tan controvertido es el asunto de la energía nuclear, en abril de 1979 explotó una bomba en el núcleo de dos reactores que Francia le vendería a Irak. Un miembro del servicio de inteligencia israelí, Mossad, tomó responsabilidad por el atentado. En junio de 1980 uno de los más destacados científicos

## Por el mundo

iraquíes fue muerto a golpes en un hotel parisiense.

El 29 de julio el periódico francés *Les Echos* señaló que "Irak se propone usar la energía nuclear principalmente para fertilizar el desierto que cubre su parte occidental, una vasta superficie árida cercana a Siria, Jordania y Arabia Saudita...". Para respaldar sus afirmaciones *Les Echos* citó a la agencia noticiosa oficial de Irak, la Iraqi News Agency (INA). "La transformación de esta región tendrá importantes repercusiones climáticas y agrícolas y marcará la pauta para la realización de esfuerzos similares en otras partes del mundo árabe, el cual posee los desiertos más grandes del mundo... La agencia subraya el hecho de que estas transformaciones deberán contribuir a la resolución de numerosos problemas demográficos, económicos y sociales".

"Irak se propone también usar la energía nuclear para mejorar, diver-

sificar y aumentar la producción agrícola y para desalar agua. INA informa que además se propone usar la energía nuclear para fines médicos".

La publicación *Middle East Economic Digest* hace notar también que "es posible que la década de los 80 presencie un mayor énfasis en la irrigación y el mejoramiento de tierras, en conformidad con el lema del presidente Saddam Hussein: "La Agricultura es Petróleo Duradero".

### La transformación del desierto

En 1975, Irak firmó un tratado de cooperación nuclear con la Unión Soviética y otro con Francia. En septiembre de 1976 se firmó el controversial acuerdo para la compra de un reactor experimental francés. La central empezará a operar entre 1981 y 1982 y sus dos reactores producirán un total de 70 megawatts. Servirá también para capacitar a 600 ingenieros y técnicos. Actualmente 600 científicos iraquíes se capacitan en Francia y

en otros países. En la central se preparará también a muchos técnicos extranjeros. El anuncio oficial iraquí subraya que su objetivo es capacitar a una élite científica árabe.

En sus dimensiones, el plan nuclear iraquí es similar al programa que la *Fusion Energy Foundation* propuso en la conferencia internacional sobre "La Paz y el Desarrollo en el Medio Oriente" que auspició en la ciudad de Nueva York en enero de 1978. La FEF propuso en ese entonces usar *nuplex*—complejos agroindustriales contruidos en torno a una o más centrales nucleares—, los cuales contarían con plantas de desalación de agua y generarían energía para fines industriales. La FEF también propuso que la fuerza laboral capacitada de Israel y Egipto ayudara a capacitar al resto de la fuerza laboral del Medio Oriente para convertir a esta región del mundo en un oasis agrícola e industrial.

## La mejor forma de ahorrar combustible es tener intercambiadores de calor y sistemas de enfriamiento libres de incrustaciones.

### ESTO ES LO QUE HACE TURBOMAG.<sup>MR</sup>

Las incrustaciones que se forman en la superficie de transferencia de calor constituyen un aislamiento casi perfecto. Aislan la pared entre el agua y el medio de transferencia de calor, necesitando más combustible para alcanzar los resultados óptimos requeridos. Los costos de operación se incrementan en la medida en que las incrustaciones crecen, al consumirse mucho más energía de la necesaria.

**TURBOMAG<sup>MR</sup>** es un proceso de tratamiento de agua por métodos electromagnéticos, no químicos, que elimina las incrustaciones existentes en los equipos y evita su formación y la corrosión. El resultado es una máxima eficiencia en la transferencia de calor y el restablecimiento de la plena capacidad de flujo en todas las tuberías de agua en contacto con el agua tratada.

Para mayor información acerca de este método no contaminante de tratamiento de agua y ahorro de combustible, llámenos al tel.: (305) 573-5334, sin compromiso.

SIN PRODUCTOS QUIMICOS...  
SIN CONTAMINACION

**TURBOMAG<sup>MR</sup>**  
CORPORATION

SISTEMA ELECTROMAGNETICO DE TRATAMIENTO DE AGUA  
3050 BISCAYNE BOULEVARD, MIAMI FLORIDA 33137

CABLE: TURBOMAG MIAMI    TELEX: 522-355 IPHOWD<sup>TM</sup>

DISTRIBUCION MUNDIAL EN EXPANSION  
SE RECIBEN SOLICITUDES DE  
DISTRIBUIDORES

## México debate su futuro nuclear

"La energía atómica será la única que sustituya masivamente la capacidad que actualmente proporciona el petróleo. Los demás son sucedáneos, complementos, aprovechamientos marginales... la gran cantidad de energía que necesitamos la substituirá solamente la energía nuclear". Así se expresó el presidente de México José López Portillo en una conferencia de prensa que dio durante su visita a Cuba en agosto de 1980.

La firme convicción pronuclear del mandatario mexicano se ha hecho patente en múltiples ocasiones. En una visita a Francia en mayo, López Portillo afirmó que el siglo XXI será "el siglo nuclear". En su IV Informe de Gobierno el pasado septiembre reiteró su parecer.

No obstante la convicción del Presidente, la industria nuclear mexicana aún se halla en pañales. Según los observadores, el aplazamiento no obedece a la falta de recursos financieros o de ofrecimientos por parte de los países exportadores de tecnología nuclear, sino más bien al hecho de que el gobierno ha retrasado la puesta en marcha del programa nuclear que México necesita.

El hecho de que ninguno de los planes gubernamentales de desarrollo (el plan industrial y el plan global) hacen mención de la energía nuclear, denota aún más la falta de premura por parte del gobierno mexicano. Detrás de esta indecisión se percibe un debate faccional cuyos signos son cada vez más evidentes. Los oponentes del desarrollo nuclear acelerado arguyen comunmente que los enormes recursos petroleros de México eliminan la necesidad de la energía nuclear.

Con todo, la indecisión podría tocar a su fin dentro de poco. Al cerrar la edición, se ha dado a conocer que el

gobierno de México está a punto de dar a conocer su Plan Nacional de Energía. Este, se nos comunica, dará un lugar prominente a la energía nuclear. Según las informaciones periodísticas el programa nuclear será ambicioso.

La señal más clara de que la pugna faccional podría inclinarse en favor de la energía nuclear es la súbita renuncia del director de la Comisión Nacional de Energía, Juan Eibenschutz, el pasado 1 de octubre. Este se había destacado por su marcada preferencia por la energía solar.

Eibenschutz era partidario de la conservación y su posición al respecto era muy similar a la del gobierno de los Estados Unidos. Eibenschutz ha pasado a ocupar un puesto secundario en la Comisión Federal de Electricidad, cuyo titular, Alberto Escofet Arigas, se destaca cada vez más como uno de los más enérgicos defensores del desarrollo nuclear del país.

Según la CFE, para el año 2000, un 25 por ciento de la generación eléctrica provendría de 20 nucleoelectricas por lo menos. Actualmente la única central en vías de construc-

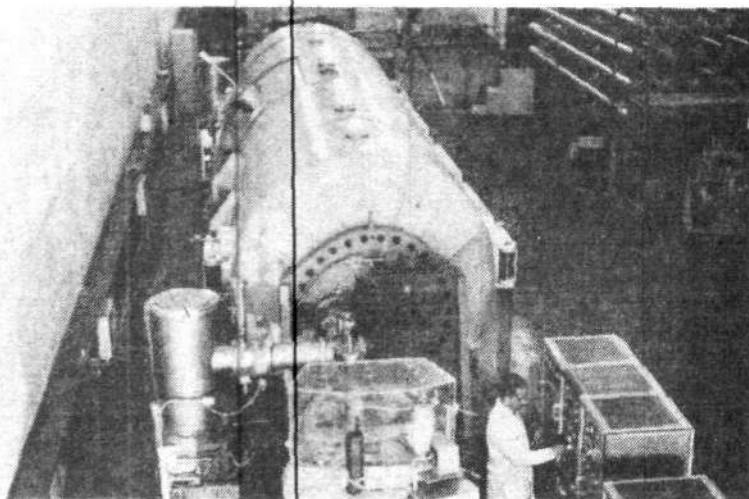
ción es la de Laguna Verde, en el estado de Veracruz. Las dos unidades de esta operarán con agua ligera y generarán un total de 1,300 megawatts. No será hasta fines de 1982 cuando una de las unidades empezará a operar.

### Ofertas europeas

Pero el debate no concluye aún, por lo que no es de sorprender que el gobierno de México no haya respondido a las ofertas en materia nuclear extendidas al país por los gobiernos de Canadá, Suecia y Francia. Voceros del gobierno francés han hecho saber, por ejemplo, que Francia está dispuesta a venderle a México "todos los reactores que desee".

El boletín estadounidense *Nuclear Week* informó recientemente que Francia le ofreció a México el lugar que Irán dejó en el consorcio europeo de enriquecimiento de uranio, Eurodif. De aceptar este ofrecimiento, México no tendría que depender de los Estados Unidos para obtener uranio enriquecido, cosa que ya ha sido objeto de chantaje político. En enero de 1978, el entonces secretario de Energía de los Estados Unidos, James Schlesinger, embargó una remesa de uranio enriquecido de México. No fue sino hasta el 7 de agosto de 1980 que México recibió el primer medio kilo del uranio embargado.

—Dolia Pettingell



Accelerador en el Centro Nuclear de México, en Salazar



## La Comisión Brandt y la redistribución de la pobreza

Desde que el ex presidente del Banco Mundial Robert McNamara la formó en 1977, la Comisión Internacional sobre Asuntos de Desarrollo ha sido objeto de gran controversia tanto en el mundo desarrollado como en el Tercer Mundo. A principios de 1980, el grupo, mejor conocido con el nombre de la "Comisión Brandt", presentó un informe sobre una serie de discusiones y conclusiones que sostuvo sobre los problemas del desarrollo económico. El *Informe Brandt*, se dijo, reúne las soluciones que varios distinguidos ciudadanos del mundo recomiendan ante las desigualdades que separan al Norte industrial y al Sur subdesarrollado.



Willy Brandt

R.F.A.

Objeto de elogio para algunos y de sospecha para muchos, el informe de inmediato pasó a ocupar el centro de los debates sobre el desarrollo internacional. Dada la esmerada atención que da a los aspectos de la energía y la técnica, *Fusión* decidió examinar en estas páginas tanto el informe como los individuos que lo produjeron.

### La solución Brandt

Lo primero que notamos es la solución primordial a los problemas del desarrollo internacional: la distribución universal de la pobreza. El *Informe Brandt* propone no transferir la riqueza tecnológica y científica del sector industrial al Tercer Mundo, sino lo contrario, extender la miseria del mundo subdesarrollado al sector industrializado. Su lema, podría decirse, es dejar pobres a los pobres y hacer de los ricos pobres. El documento recomienda el uso de "tecnologías adecuadas" (eufemismo para designar a todo tipo de técnica atrasada); la reducción de la población mundial; el desmantelamiento de las ciudades y la vuelta al campo; en fin, la misma estrategia del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI) sólo que sazonada con un lenguaje "antiimperialista" para ganarse la confianza de los dirigentes del Tercer Mundo.

La Comisión Brandt se formó a raíz de una serie de pláticas que sostuvieron el líder internacional de la Socialdemocracia, Willy Brandt, el ex presidente del Banco Mundial, Robert McNamara, y el ex secretario de Es-

tado de los Estados Unidos, Henry Kissinger. El objetivo era revivir e infundirle un matiz más tercermundista al menguante "diálogo Norte-Sur" pero cuidando siempre de sentar ellos la pauta del consabido diálogo.

Willy Brandt, con su reputación de socialista, quedaría de mediador neutral entre el Norte y el Sur. Cada uno de los miembros sureños de la Comisión, entre ellos Lakshmi Jant Jhan de la India, Rodrigo Botero de Colombia, Amir H. Jamal de Tanzania, y Abdulatif Y. al Hamad de Kuwait, han hecho carrera en instituciones maltusianas.

Entre los "banqueros del norte" se cuentan Peter Peterson, funcionario de la compañía de inversiones neoyorquina Lehman Brothers-Kuhn Loeb y miembro de uno de los principales centros del angloamericanismo estadounidense, el Consejo de Relaciones Exteriores (CFR) con sede en Nueva York; Katherine Graham, ex editora del periódico *Washington Post* y miembro también del CFR y de la Comisión Trilateral; y Eduard Heath, ex premier conservador de Gran Bretaña e imperialista incorregible.

Su objetivo queda aclarado en el informe:

- Captar las enormes reservas de petrodólares de la OPEP para canalizarlos a un sistema de crédito internacional que operaría dentro de la estructura del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional. Su instrumento de crédito, los Derechos Especiales de Giro (DEG) irían solo a

## Informe especial

proyectos de extracción de materias primas o de uso intensivo de mano de obra.

- Dentro del marco de un mundo "escaso de recursos", orientar la economía a la consecución de tasas de crecimiento moderadas a costa del desarrollo industrial genuino.

- Crear instrumentos mundiales de manipulación como lo serían un instituto mundial de energía o un fondo mundial para el desarrollo, las cuales pasarían por alto el concepto de soberanía nacional en vista de que éste no responde a las necesidades de un mundo "interdependiente".

### Recomendaciones para el Sur

Toda transferencia de tecnología avanzada del Norte al Sur es anatema para la Comisión. La "segunda etapa de la descolonización" de los países subdesarrollados exige que estos rechacen tales tecnologías "ajenas" e "inadecuadas" para ellos, dice el informe. A tono de monserga, el documento le recomienda al Tercer Mundo renunciar a "tecnologías sumamente sofisticadas que amenacen con hacer caso omiso de los valores humanos y que la gente tal vez no pueda manejar". También prohíbe "la transferencia imprudente de técnicas inadecuadas, la mecanización conducente a una reducción considerable de empleo a nivel local, así como la aplicación imprudente de productos químicos agrícolas".

Una vez que se reducen las actividades económicas a una escala tan baja, entonces se pueden poner a consideración fuentes de energía de bajo rendimiento como la solar, la cual propone emplear en "áreas rurales soleadas de gran dispersión poblacional en las cuales el costo de transmisión eléctrica sea muy alto". ¿Y qué sobre la energía nuclear? La Comisión piensa que "es problemática" ya que "no se espera que pueda satisfacer más que una porción del consumo total de energía en algunos países". ¿Cómo podría entonces el Tercer Mundo sostener a su creciente población con una economía de tan reducida escala? La Comisión simplemente dice que no se puede y que la



O.N.U.



O.N.U.

Los "pasteles" de excremento animal que aparecen en la foto, así como el trabajo físico y el pico y la pala son ejemplo de las "técnicas adecuadas" para la India que prescribe la Comisión Brandt.

única solución es reducir la tasa de crecimiento demográfico.

### Recomendaciones al Norte

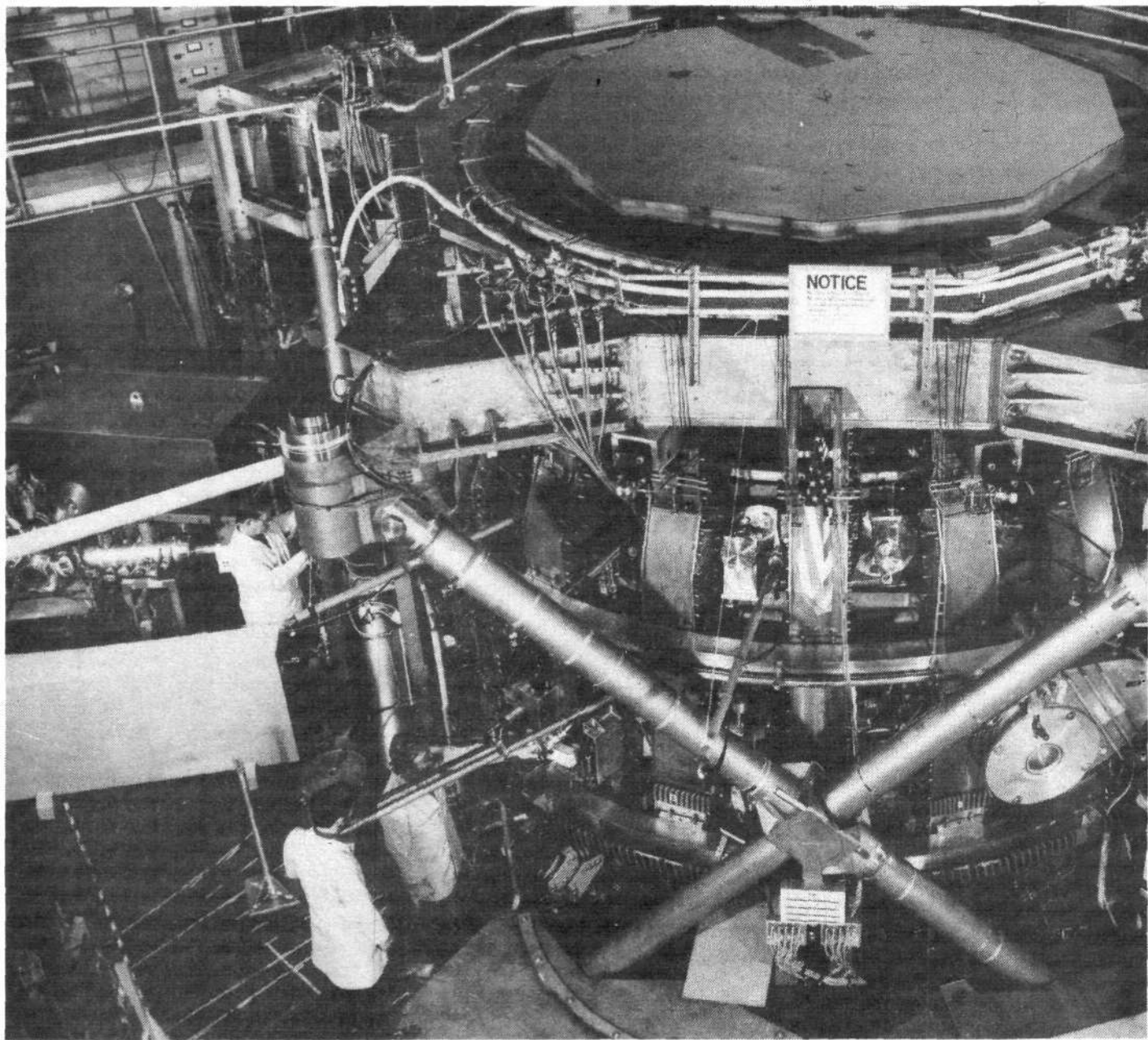
Los países industriales podrían "contribuir a aumentar las provisiones de alimentos si tan solo emplearan menos fertilizantes en los cultivos no alimenticios y consumieran menos carne", declara el informe. No solo el Tercer Mundo debe adecuarse a un orden feudal, dice, ya que "los países industriales también necesitan tecnologías adecuadas que conserven ener-

gía y recursos agotables... y que no dañen el sistema ecológico".

Para asegurar que todos compartan el sacrificio por igual, la Comisión propone establecer un "mecanismo de vigilancia dependiente del FMI". También hay que encontrar alguna "forma factible de contribución internacional de impuestos" y medidas similares encaminadas a "fortalecer el concepto de compartir universal y colectivamente el peso" de la pobreza.

—Valerie Rush

# Fusión nuclear: energía





# sin límites

Cecilia Soto

**D**urante los siglos venideros, los historiadores podrán dividir la cronología humana en *antes* y *después de la conquista de la fusión nuclear*, pues esta fuente energética inaugurará una nueva era para la humanidad. La energía proveniente de la fusión de núcleos atómicos o *fusión termonuclear* como también se le conoce, borrará los aparentes límites al crecimiento, apariencia que proviene de la finitud *relativa* de los recursos naturales, proveyendo energía limpia, barata y abundante por varios millones de años a tasas de consumo muy superiores a las actuales.

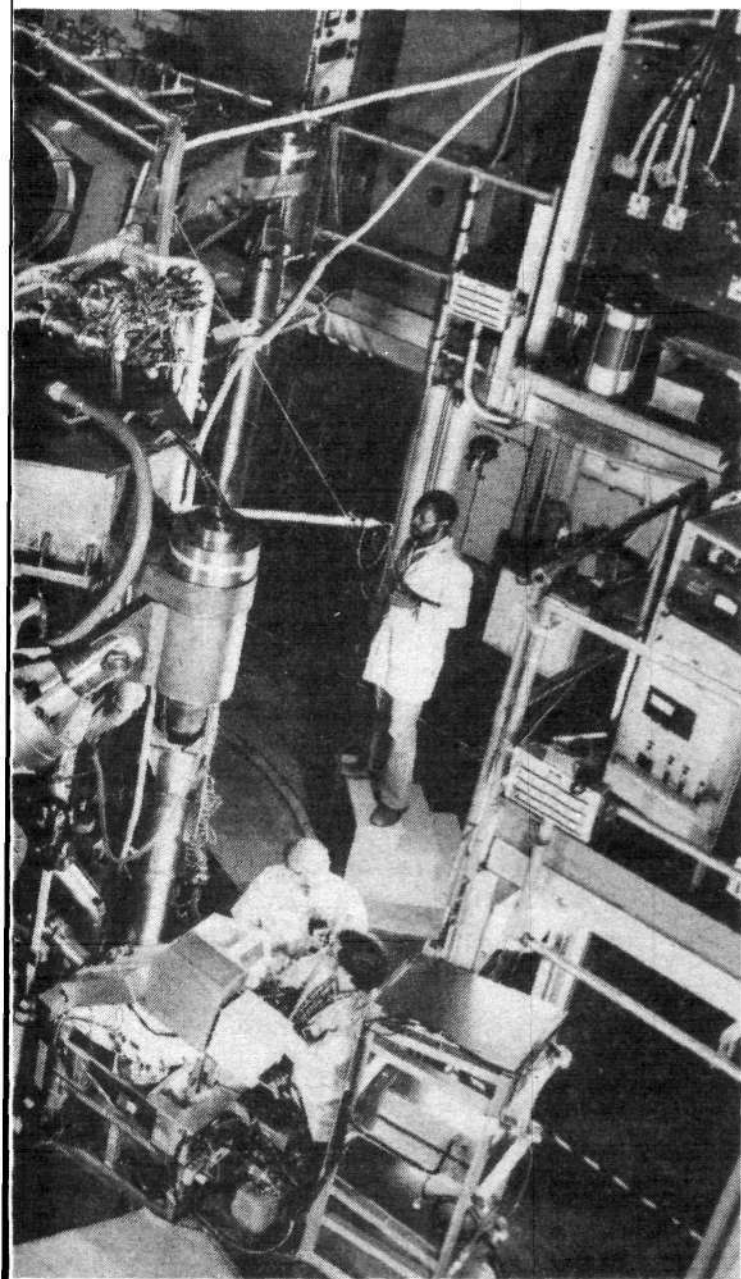
Al mismo tiempo, esta conquista desencadenará una revolución científica y tecnológica sin precedentes en la historia humana. La fusión nuclear no solo producirá abundante energía eléctrica sino que lo hará a eficiencias muy superiores a las actuales; el dominio de la tecnología de plasmas a temperaturas superlativas permitirá la extracción y el reprocesamiento de materiales en el laboratorio y la fábrica, transfiriendo los procesos anteriores a los archivos de los museos. La tecnología de plasmas permitirá también la combinación óptima de una serie de procesos industriales agrupados en *nuplex* (complejos agroindustriales alimentados por centrales nucleares).

Desde el punto de vista científico, la comprensión de los procesos que operan en la fusión de núcleos atómicos demanda acabar con la *coexistencia pacífica* que ha prevalecido en la física en los últimos 50 años, de varias interpretaciones teóricas incoherentes y contradictorias entre sí. De hecho, varios de los abordajes experimentales más fructíferos al problema de la fusión ha requerido que los científicos recurran al *herramiental teórico monumental* elaborado por los grandes físicos de la escuela europea continental del siglo 19 que dieron lugar a la hidrodinámica y a los logros magníficos de Georg Bernhard Riemann. Por otra parte, dado que la fusión nuclear es el proceso físico que ocurre en el interior de las estrellas y que el 98 por ciento del universo está compuesto por plasmas, el desarrollo de la *física de plasmas* dará lugar a un conocimiento mucho más preciso del universo y de su evolución.

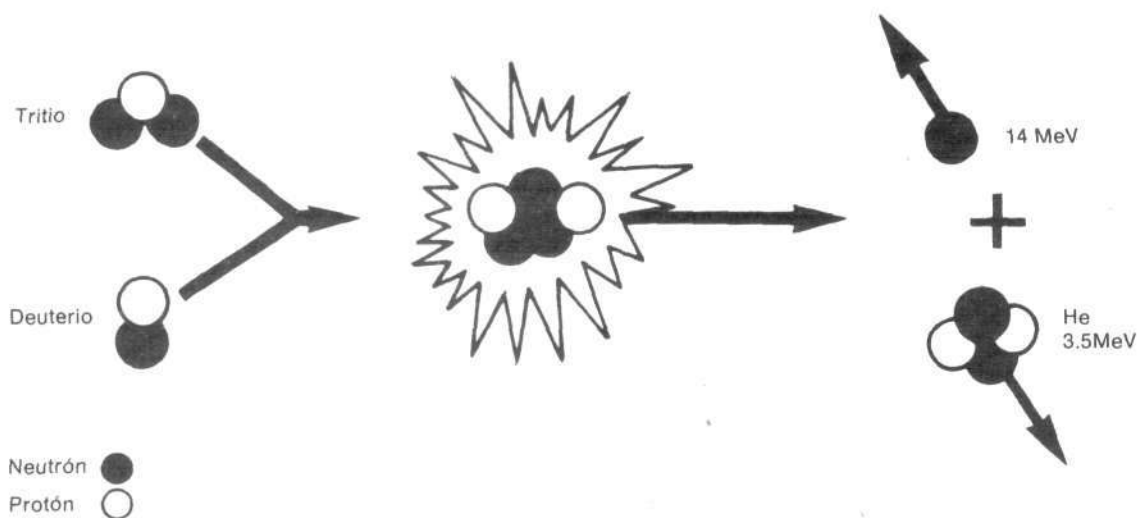
¿Qué es, entonces, la fusión nuclear?

Cada segundo, la estrella más cercana a la Tierra, nuestro

*El experimento del Desviador Poloidal (PDX).*



DOE



### EL PROCESO DE FUSION

En el caso típico, la materia prima es el deuterio y el tritio, ambos isótopos del hidrógeno. Al chocar, sus núcleos se vuelven a combinar para formar un núcleo de helio (He) y un neutrón, cediendo energía en el proceso. La mayor parte de esta energía está contenida en el neutrón y se produce más que la inicial, en términos netos, porque los núcleos resultantes pesan menos que los iniciales.

sol, consume aproximadamente cinco millones de toneladas de hidrógeno que mediante la fusión de sus núcleos atómicos se transforman en helio y energía en forma de rayos gama. Después de un lento y tortuoso proceso de absorción y reabsorción que amplía la longitud de onda de esta radiación, el producto energético de la reacción de fusión original llega a la superficie solar, a 50 millones de años de ocurrida ésta, lista para ser emitida en forma de luz solar. De ahí viaja a la Tierra con la velocidad de la luz 'c', alcanzando ésta en 8 minutos.

Nuestro sol ha estado quemando hidrógeno, produciendo helio y emitiendo energía desde hace aproximadamente unos cinco mil millones de años; y todavía le queda combustible para seguir haciéndolo durante cien mil millones de años más. Pero si por desgracia en esas remotas fechas futuras todavía existiera algún ambientista necio que reclamara reducir el consumo energético "porque el sol se va a acabar", será del dominio público el hecho de que el sol empezará a fusionar helio mucho antes de que se acabe el hidrógeno. Esta reacción, a su vez, producirá otros elementos pesados y así sucesivamente. De hecho, este es exactamente el proceso que ha dado origen a todos los elementos pesados que existen en el universo y, por tanto, es el origen de las estrellas y los planetas.

Dado que para producir energía de fusión en el laboratorio se tienen que lograr las condiciones que privan en las estrellas, vale la pena describir a grandes rasgos las condiciones presentes en el sol. Al interior de éste, se

registran temperaturas de alrededor de 15 millones de grados centígrados y densidades de 160 gr/cm<sup>3</sup> (más o menos diez veces la densidad de los metales comunes). Estas condiciones desencadenan el proceso de fusión de los núcleos del hidrógeno, mencionado anteriormente. Al mismo tiempo, las violentas fuerzas desatadas por las reacciones nucleares son contenidas por la presión de una fuerza gravitacional 250 mil veces superior a la que experimentamos en la Tierra.

Durante los últimos 25 años el desafío científico ha sido, pues, el de literalmente "bajar el cielo y las estrellas" al laboratorio, producir reacciones de fusión y mantenerlas bajo control. Pero antes hay que saber de dónde viene la energía producida en la reacción. Como es sabido, la otra tecnología nuclear que ya se ha conquistado es la de la *fisión nuclear*. La fisión es, en cierto sentido, el proceso inverso a la fusión. En aquella, los núcleos de un elemento muy pesado (a diferencia del hidrógeno, que es el más ligero de todos) como ciertos isótopos del uranio, del plutonio o del torio, se escinden o fisionan cuando son bombardeados por ciertos neutrones. Esta reacción produce otros elementos, menos pesados, y energía en forma de neutrones altamente energéticos.

En ambos procesos (la fusión y la fisión), la energía que se obtiene proviene de la materia transformada en energía; la magnitud de ésta se obtiene a través de la famosa fórmula de Einstein que establece la equivalencia de la masa y la energía:  $E=mc^2$ , en donde la energía es igual al producto de la masa por la velocidad de la luz al cuadrado



50 tazas de agua de mar



2 toneladas de carbón

**= 50 millones de B.T.U.**

### Figura 6 ENERGIA ABUNDANTE DEL AGUA DEL MAR

Una de cada 6,500 moléculas del agua del mar es agua pesada, de la cual se puede obtener deuterio, una de las materias primas para la síntesis de fusión. Como se puede ver, el agua del mar constituye una fuente de energía prácticamente inagotable.

( $c^2$ ). Tanto en la fisión como en la fusión, el producto obtenido tiene menor masa que la de los combustibles usados al principio de la reacción. Esta masa faltante o *defecto de masa* es la que multiplicada por  $c^2$  da una medida de la energía producida por la reacción.

Los combustibles que se utilizan en la fusión son dos isótopos del hidrógeno, el deuterio y el tritio. La primera condición que hay que satisfacer para producir energía de fusión en el laboratorio es elevar la temperatura del combustible a unos 50 millones de grados centígrados. En ese rango de temperaturas, estos materiales se han transformado en *plasmas*. Un plasma se compone de partículas con carga eléctrica (electrones y núcleos, puesto que aquellos se han desprendido del átomo) que interactúan muy intensamente a través de fuerzas electrostáticas y magnéticas.

Una vez logradas las altas temperaturas, hay que contener el plasma de alguna manera. A este proceso se le llama confinamiento. Básicamente hay dos tipos de confinamiento, el *confinamiento magnético* y el *confinamiento inercial*.

La principal condición que hay que satisfacer para lograr el confinamiento magnético es elevar el plasma a una temperatura tan alta como la del sol, pero a una densidad muy baja; de hecho a una densidad cien mil veces menor que la del aire. Por tanto, si bien la temperatura del plasma es muy elevada, su densidad es tan baja que no logra tocar el receptáculo que lo contiene. Si llegara a tocar la pared del reactor se enfriaría y se detendría la reacción. Una de las maneras de evitar que el plasma toque su recipiente es aprovechar la tendencia de las partículas cargadas a seguir órbitas en forma de espiral a lo largo de las líneas de un campo magnético. Para ello se produce un campo magnético externo, mediante electroimanes, que *confina* al plasma.

Para el confinamiento inercial se utiliza una pequeña cápsula hueca—tan pequeña que solo se puede ver a través de un microscopio—llena de deuterio y tritio. Esta cápsula (las hay esféricas y asimétricas) se irradia con un rayo láser o de otro tipo, lo cual eleva la temperatura del combustible y lo comprime, haciéndolo diez mil veces más denso que un líquido. Esto produce explosiones en miniatura. Las cápsulas son tan pequeñas que las microexplosiones, como se les llama, no producen la suficiente fuerza para dañar al reactor.

Los logros alcanzados en ambas modalidades de confinamiento en los últimos cinco años muestran que la fusión nuclear controlada está, si no a la vuelta de la esquina, sí a la vuelta del siglo o incluso quizás a la vuelta de la década. Los atractivos de la fusión son inmensos. En primer lugar el combustible no es caro y sí abundante. El combustible utilizado por un reactor de fusión nuclear sencillo es una mezcla de deuterio y tritio. El primero se puede conseguir del agua a precio barato y en cantidades ilimitadas. A diferencia del petróleo y el gas natural, el deuterio nunca será caro; mientras haya mares habrá deuterio barato. De manera que la energía de fusión nuclear ofrece al mundo un recurso ilimitado. Hay suficiente deuterio en los mares del planeta para varios miles de millones de años—algunos investigadores calculan 10,000 millones de años—o, en otras palabras, para siempre.

El tritio se puede derivar del litio, recurso muy abundante en la tierra y en el mar. Hay suficiente litio para producir tritio por miles de años sin ninguna dificultad.

#### Ventajas

Cabe preguntarse, en comparación con otros combustibles ordinarios, ¿cuánta energía se puede derivar de estos? Al fusionarse, el deuterio y el tritio ceden un millón de veces más energía que una cantidad comparable de carbón o petróleo, de manera que son una fuente de energía muy eficiente simplemente en términos de su rendimiento por kilogramo. Además, un reactor de fusión nuclear puede producir unas ocho veces más energía que uno de fisión nuclear que utilice una cantidad comparable de uranio.

La energía de fusión nuclear se produce principalmente en la forma de neutrones, los cuales se pueden utilizar para producir combustible para alimentar reactores de fisión nuclear. Por otro lado, un reactor de fusión puede funcionar como un superreactor de cría y producir suficiente combustible para cinco y hasta para 20 reactores de fisión.

Otra manera de medir el contenido energético de lo que se obtiene del combustible de la fusión es la siguiente: por cada litro de agua corriente o agua de mar se puede obtener un gramo de deuterio fácilmente y a bajo costo. Ese gramo de deuterio equivale, en términos energéticos, a mil doscientos litros de gasolina y el costo de su extracción ascendería a unos centavos de dólar.





# El estado actual de la investigación en fusión nuclear

Charles B. Stevens

La energía de fusión nuclear resulta de la fusión de los núcleos atómicos de elementos ligeros como el hidrógeno para formar elementos más pesados como el helio. La reacción genera una ganancia neta de energía porque algunos de los núcleos del producto final pesan menos que los núcleos iniciales. El sol, por ejemplo, continuamente transforma aproximadamente 10 millones de toneladas de hidrógeno en helio mediante reacciones de fusión termonuclear y emite la energía producida en forma de luz solar.

De hecho, el proceso de fusión de núcleos atómicos es la reacción mediante la cual se han creado todos los elementos pesados que se conocen en la tierra y que se han observado en el universo. La energía de fusión ha sido y es—directa o indirectamente—la principal fuente de energía de nuestro planeta.

Aunque hace apenas tres décadas que se demostró la viabilidad de la energía de fusión, su producción a escala industrial bien se puede alcanzar en este siglo. En los medios científicos se sostiene que:

1. La energía de fusión termonuclear es la única que puede crear y aumentar la base de recursos naturales y materias primas accesibles al hombre.

2. Los sistemas de producción de energía basados en la fusión, junto con otros procesos en el campo de la física de plasmas, constituyen las fronteras teóricas y experimentales de la física contemporánea.

3. El potencial inmediato para contar con la tecnología de fusión ha sido demostrado en la práctica. Las únicas limitantes son de carácter político y económico.

La viabilidad científica de la energía de fusión fue demostrada por primera vez a principios de los años cincuenta, cuando tanto la Unión Soviética como los Estados Unidos detonaron sendas bombas de hidrógeno. A partir de ese momento, la energía de fusión ocupa el primer lugar en la investigación militar de ambas naciones. Al mismo tiempo, la fusión se ha convertido también en el fundamento idóneo para la más fértil y provechosa colaboración internacional.

Esta colaboración se inició en 1956 cuando, en respuesta a las propuestas del presidente norteamericano Dwight Eisenhower, conocidas como el programa de Atomos para la Paz, los académicos soviéticos I.V. Kurchatov y L. Art-

simovitch, dieron a conocer unilateralmente resultados obtenidos en el programa soviético de fusión magnética, mantenidos previamente como secretos militares. Kurchatov fue el padre de la investigación de fisión y fusión nuclear soviética y Artsimovitch contribuyó de modo relevante al desarrollo de lo que constituye ahora el método más investigado en el campo de la fusión magnética, el reactor tokamak.

Desde la época de los de Atomos para la Paz, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA); el Consejo Mundial de Investigación de Fusión del OIEA jugó a su vez un papel creciente en la coordinación internacional de la investigación de fusión. La mayor parte de ésta se llevó a cabo en dispositivos *stelarator*, *tokamak*, y *de estricción*. Los Estados Unidos tuvieron un papel limitado debido a problemas de financiamiento y los criterios empleados para determinar lo que constituye un secreto militar. En realidad, Artsimovitch dio el impulso definitivo a los programas de investigación norteamericanos; en 1969 viajó a los EU y culminó su gira con la firma de un acuerdo sin precedentes de cooperación bilateral en materia de investigación magnética y un cambio radical en los programas de financiamiento de los proyectos norteamericanos.

En 1972 se produjo otro salto cualitativo cuando Edward Teller, el padre del programa de fusión norteamericano, dio a conocer también unilateralmente varios de los aspectos científicos más vitales del método de confinamiento inercial. Ese mismo año, bajo el gobierno de Richard Nixon, se estableció el Comité Conjunto EU-URSS de Cooperación sobre Energía de Fusión.

Los principales científicos que han colaborado en estos programas internacionales han rendido amplio testimonio sobre la necesidad de construir reactores comerciales de fusión y de dedicar mayor financiamiento para su realización. Hace cuatro años, E.P. Velikhov y Edwin E. Kintner, directores de los programas de fusión de ambos países, formularon la siguiente declaración conjunta:

Los que trabajamos en la investigación y desarrollo de la energía de fusión confiamos hoy más que nunca en que la realización práctica de esta meta se puede

**Tabla 1**  
**REACCIONES DE FUSION EXOTERMICAS**

Reacción	Energía de la reacción (MeV)	Temperatura crítica (keV)	Máxima ganancia de energía
$D + T \rightarrow {}^4\text{He} + N$	17.6	10	1800
$D + D \rightarrow {}^3\text{He} + N$	3.2	50	70
$D + D \rightarrow T + P$	4.0	50	80
$D + {}^3\text{He} \rightarrow {}^4\text{He} + P$	18.3	100	180
${}^6\text{Li} + P \rightarrow {}^3\text{He} + {}^4\text{He}$	4.0	900	6
${}^6\text{Li} + D \rightarrow {}^7\text{Li} + P$	5.0	900	6
${}^6\text{Li} + D \rightarrow T + {}^4\text{He} + P$	2.6	900	3
${}^6\text{Li} + D \rightarrow 2{}^4\text{He}$	22.0	900	22
${}^7\text{Li} + P \rightarrow 2{}^4\text{He}$	17.5	900	18
${}^{11}\text{B} + P \rightarrow 3{}^4\text{He}$	8.7	300	30

La tabla muestra la energía generada, la temperatura de encendido del plasma y la ganancia energética máxima de las reacciones que con mayor probabilidad serían utilizadas en los reactores de fusión. La cantidad de energía liberada en la mayoría de las reacciones es casi siempre menos de 100 electrón-volts (eV). D y T son los símbolos de dos isótopos del hidrógeno, deuterio y tritio. El primero cuenta con un protón y un neutrón, el segundo con dos neutrones y un protón. He, P, Li, B y N, son los símbolos del helio, el hidrógeno simple, el litio, el boro y neutrón respectivamente.

alcanzar durante este siglo . . . Hemos superado diversas fases, desde la del examen conceptual de los diversos enfoques teóricos, la de la verificación de los más importantes principios físicos y la del establecimiento de ciertas regularidades teóricas y experimentales . . . ahora estamos en la fase donde podemos obtener parámetros aplicables a reactores y elaborar la técnica básica necesaria para su construcción.

La declaración Velikhov-Kintner se presentó primero en noviembre de 1976 ante la Conferencia Conjunta de las Sociedades Nucleares Europea y Americana, realizada en Washington D.C. Edward Teller, presidente de la sesión, apoyó la declaración de inmediato y expresó su convencimiento en cuanto a que para 1985 se podría construir un reactor experimental de potencia.

Durante esa misma conferencia, Harold Furth, actual codirector de la división experimental del Laboratorio de Física de Plasmas de la Universidad de Princeton, declaró:

Si comparamos la energía de fusión con otras soluciones energéticas a largo plazo, se deben notar dos características que favorecen a la fusión: primero, la fusión es continuamente perfectible desde el punto de vista de la economía y el ambiente . . . segundo, la gama tremendamente amplia de enfoques técnicos posibles, que hoy significa un elemento de complicación en la planeación de los recursos para la investigación, constituye a largo plazo una ventaja única. Los constreñimientos físicos básicos son notablemente maleables y las limitantes tecnológicas que presentan los diversos enfoques específicos serán superadas me-

dante una selección apropiada a la luz de los progresos de la investigación física.

Un año más tarde, en marzo de 1977, Edwin Kintner expresó ante el Congreso norteamericano:

La energía de fusión se puede considerar como la solución permanente a los problemas de la energía . . . Entre los círculos científicos la fusión ya no es vista como una mera cuestión de viabilidad científica sino como una cuestión práctica y económica.

Y, finalmente, el Consejo Mundial de Investigación de Fusión del OIEA expresó en mayo de 1977:

En vista del gran progreso logrado en materia de fusión nuclear desde 1970, el Consejo está convencido de que es urgente realizar un esfuerzo de gran magnitud para demostrar la viabilidad práctica de la energía de fusión lo más pronto posible.

Para encender y mantener una reacción de fusión, el combustible debe ser elevado a temperaturas de cientos de millones de grados Celsius. Para producir más energía que la invertida al elevar la temperatura del combustible, éste debe mantenerse aislado; o como se dice más comúnmente, debe *confinarse*.

Ya que la tasa a la cual procede la reacción de fusión es una función de la densidad del combustible (la cantidad de núcleos en reacción por centímetro cúbico), la condición de confinamiento que puede producir una ganancia neta de energía se expresa como el producto de



la densidad por el tiempo de confinamiento. Este producto es conocido como el *criterio de Lawson*.

Los combustibles más probables para la fusión aparecen en la tabla 1, junto con la ganancia energética esperada. La reacción más fácil de obtener y la única con grandes posibilidades de producir una ganancia energética es la *reacción deuterio-tritio (D-T)* representada esquemáticamente en la figura 1.

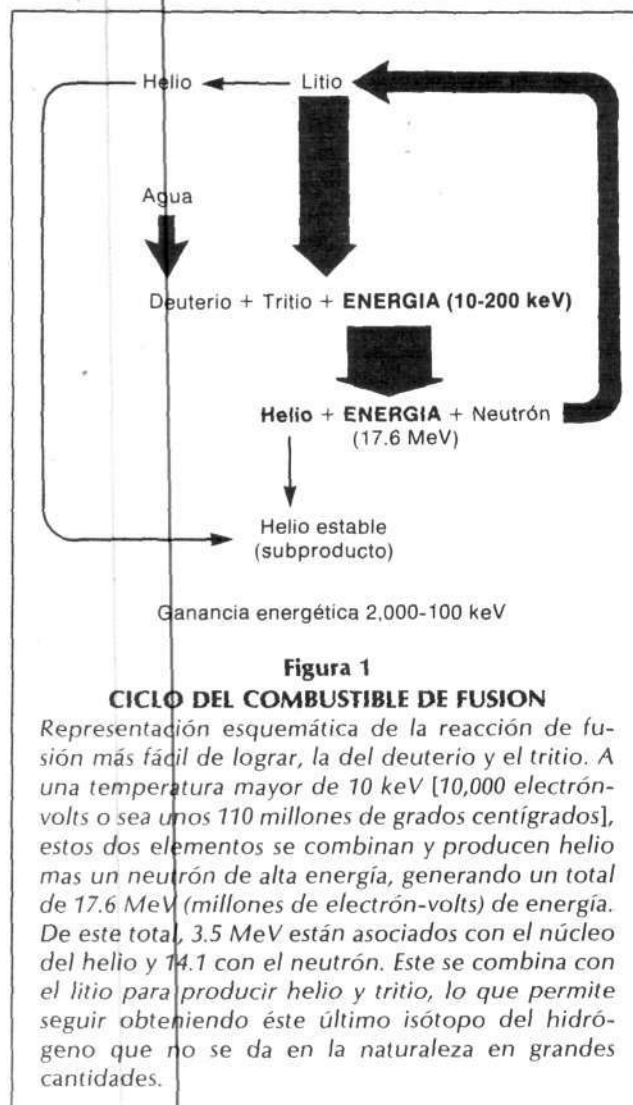
A temperaturas de varios millones de grados Celsius, el combustible deuterio-tritio (y cualquier material) se convierte en un gas ionizado; en este estado de la materia, los átomos pierden sus electrones y lo que resulta es un gas sumamente energético en donde los núcleos atómicos y los electrones se mueven independientemente unos de otros. La llama de una estufa de gas o una luz de neón son gases ionizados a temperaturas más bajas. A este estado *ionizado de la materia* se le llama *plasma* y aunque raramente se encuentra en la Tierra, los plasmas son la condición general del 98 por ciento del universo.

Al principio puede parecer imposible aislar en un laboratorio cualquier materia sometida a condiciones tan extremas. Solo para iniciar la reacción de fusión se deben obtener temperaturas superiores a los 40 millones de grados Celsius, y para que la reacción se autosostenga la temperatura debe superar los cien millones de grados Celsius. La proeza que esto significa queda clara al recordar que en el núcleo de la estrella más cercana a la Tierra, nuestro Sol, encontramos temperaturas del orden de los ¡14 millones de grados!

De hecho, en oposición a la idea ordinaria de que la materia tiende a desorganizarse a medida que aumenta la temperatura, los plasmas exhiben un comportamiento coherente y ordenado a medida que la temperatura o la densidad energética aumenta. Por esta razón la investigación en el campo de la física de plasmas, que se sirve del instrumental teórico de la hidrodinámica clásica y del electromagnetismo del siglo 19, ha conducido a la elaboración de nuevos conceptos que prometen resolver las cuestiones más fundamentales de la mecánica cuántica y de la física de partículas.

Para dar un ejemplo, la formación de solitones, filamentos vorticiares y otras estructuras ordenadas, frecuentemente observadas en los plasmas de fusión, ha dirigido nuevamente la atención de los investigadores hacia el problema de la naturaleza continua y discreta de la materia. La interacción de núcleos y electrones con campos magnéticos y eléctricos generados interna y externamente sólo puede ser descrita teóricamente como la interacción de campos *continuos* y *fluidos*. Pero ahora se sabe que en la medida en que aumenta la densidad energética del plasma, se forman estructuras *discretas*, estables y bien ordenadas, como los solitones. Teóricamente este efecto no lineal abre nuevos caminos para abordar uno de los principales problemas de la electrodinámica cuántica, el de poder explicar cómo se generan entidades discretas a partir de un medio continuo y explicar así, por ejemplo, la estabilidad del electrón.

Existen dos métodos diferentes para producir energía de fusión, el confinamiento magnético y el inercial (figura



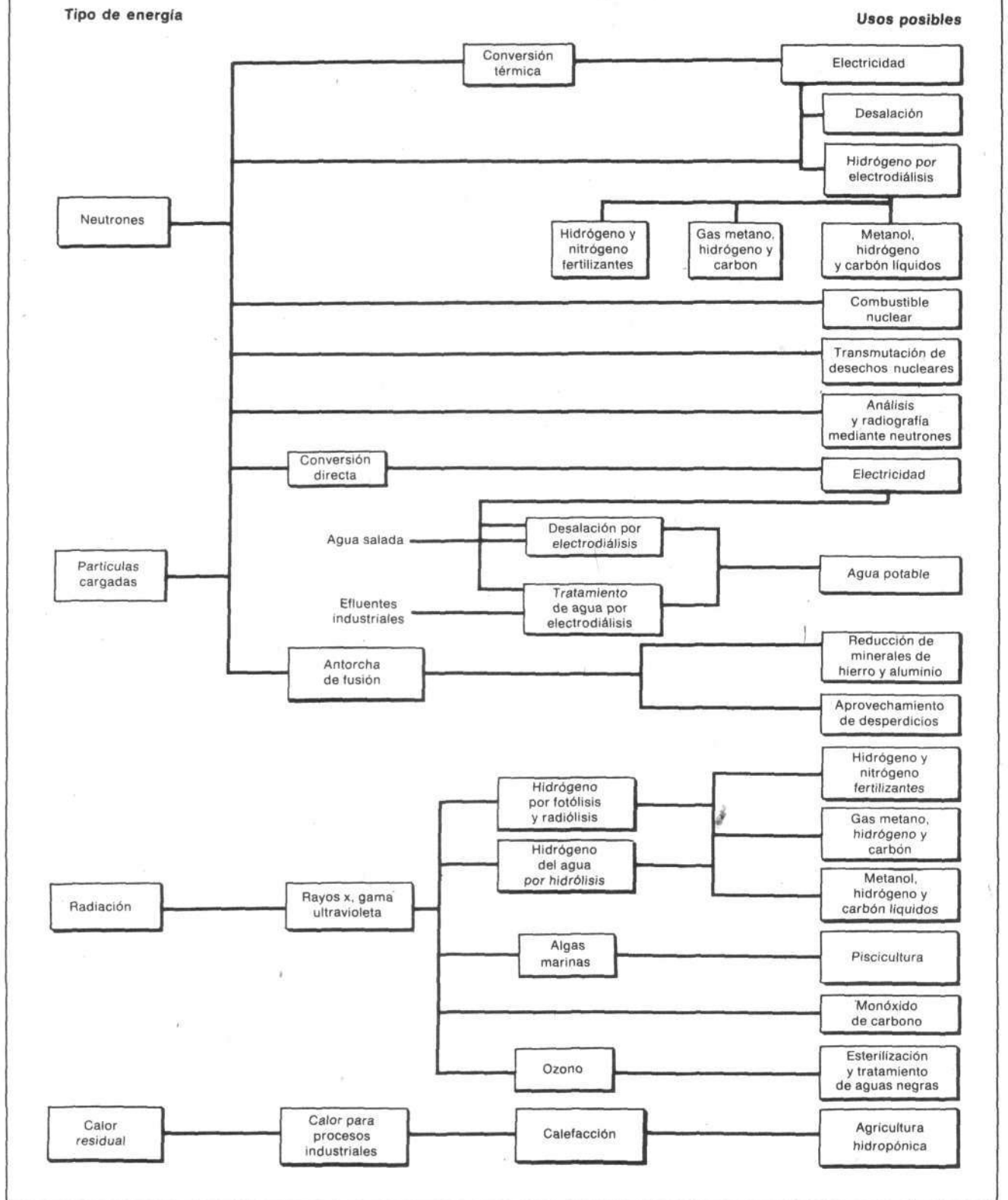
**Figura 1**  
**CICLO DEL COMBUSTIBLE DE FUSION**

Representación esquemática de la reacción de fusión más fácil de lograr, la del deuterio y el tritio. A una temperatura mayor de 10 keV [10,000 electrón-volts o sea unos 110 millones de grados centígrados], estos dos elementos se combinan y producen helio mas un neutrón de alta energía, generando un total de 17.6 MeV (millones de electrón-volts) de energía. De este total, 3.5 MeV están asociados con el núcleo del helio y 14.1 con el neutrón. Este se combina con el litio para producir helio y tritio, lo que permite seguir obteniendo éste último isótopo del hidrógeno que no se da en la naturaleza en grandes cantidades.

3). En el *confinamiento magnético* se utiliza la tendencia de las partículas cargadas a ser atrapadas en órbitas espirales a lo largo de las líneas del campo magnético; de esta manera, se confina el plasma en diferentes configuraciones geométricas. En el *confinamiento inercial* se comprime el combustible de fusión a altas densidades buscando que se inicie una reacción de fusión y se propague antes de que estalle el combustible. La línea principal de investigación en materia de *confinamiento magnético* fué desarrollada inicialmente por los científicos soviéticos y se lleva a cabo en el tipo de reactor conocido comúnmente como *tokamak*. En éste, el plasma es atrapado en una configuración toroidal. En términos de los resultados obtenidos, la línea de abordaje experimental que le sigue es la de la máquina conocida como *stellarator*, otra "trampa" magnética en forma toroidal, inventada en los Estados Unidos pero investigada principalmente en la Unión Soviética.

Otros sistemas magnéticos son la llamada máquina espejo, excelente cosechadora de éxitos. Por ejemplo, un número de experimentos recientes ha mostrado que este

**Figura 2**  
**POSIBLES USOS DE LA ENERGIA DE FUSION**



tipo de trampa magnética ofrece posibilidades para escalar los parámetros a niveles de un reactor industrial. El sistema de espejo en serie fue diseñado simultáneamente por el científico soviético Dimov y por el Laboratorio Lawrence Livermore de California.

Se encuentra además la máquina toroidal de estricción teta, llamada también *stelator de alta beta*.

### El tokamak

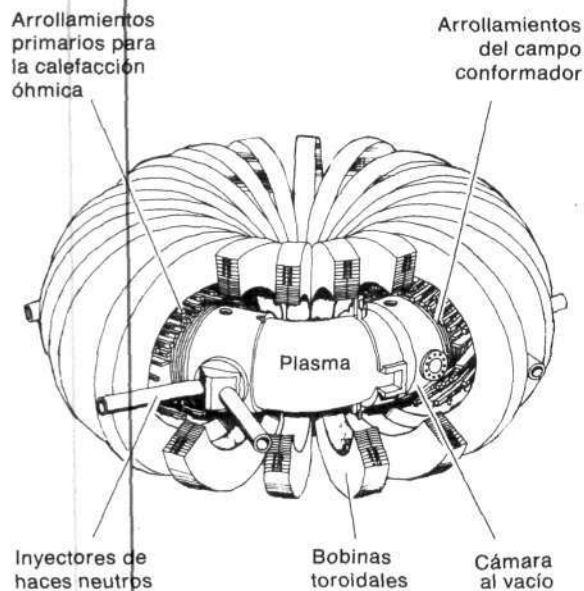
En los Estados Unidos se han obtenido resultados positivos a partir de una media docena de experimentos en dispositivos tokamak y stelator; pero los resultados más importantes provienen de dos caballos de batalla principalmente, el *Alcator* del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y el *Princeton Large Torus (PLT)* de la Universidad de Princeton. Los resultados obtenidos en estos experimentos indican que no falta mucho para lograr lo que se conoce como el *confinamiento clásico del plasma* (situación en donde se toman en cuenta los efectos geométricos toroidales).

A principios de la década de 1950, cuando se iniciaron los grandes programas de investigación en materia de confinamiento magnético, muchos científicos pensaron que confinar un plasma a temperaturas superiores a los cien millones de grados Celsius sería cosa científica y tecnológicamente simple. Esto sucedió antes de que se toparan experimentalmente con un sinnúmero de microinestabilidades y macroinestabilidades magnetodinámicas.

Hoy, después de 20 años de investigación, los plasmas ya no son las criaturas indomeñables que desesperaron a los pioneros científicos de este campo. El confinamiento clásico es cientos si no miles de veces superior al confinamiento mínimo necesario para el funcionamiento de sistemas económicamente viables.

Desde un punto de vista teórico y técnico, el arranque del tokamak para el Estudio Experimental de Impurezas del Laboratorio de Oak Ridge, el ISX, es indicativo de la velocidad con la que se puede progresar en la experimentación. Todos los tokamaks han tomado de uno a dos años para entrar en funcionamiento; el Alcator tardó dos años; el TFR francés dos; el PLT más de un año y el T-10 soviético inició operaciones a tiempo pero se quemó una de las bobinas y esto detuvo el trabajo por más de un año. Por otro lado, el ISX de Oak Ridge arrancó al día siguiente de que se finalizó la construcción, con betas relativamente altas y niveles bajos de impurezas. (El parámetro *beta* representa la relación entre la presión plasmática y la presión ejercida por el campo magnético confinador).

Se han realizado pruebas de alta fiabilidad en todos los diferentes diseños de tokamaks (el PDX, el Doublet III, el Alcator C y el PLT) en cuanto a escalamiento de tiempo de confinamiento, de densidad, de temperatura y de estabilidad magnetodinámica. Y aunque la teoría clásica (y neoclásica) no es completamente adecuada, se conoce suficientemente el comportamiento de los plasmas confinados toroidalmente como para que sea posible extrapolar los diferentes tipos de regímenes de plasmas necesarios para la construcción de un reactor de potencia.



### ESQUEMA DE UN REACTOR DE FUSION TIPO TOKAMAK

Representación esquemática del Gran Toro de Princeton, dispositivo tipo tokamak que mantiene el récord de temperatura iónica hasta la fecha.

Se puede decir que por cada problema o anomalía que ha surgido experimentalmente en los años recientes, han aparecido diez o más nuevas posibilidades para perfeccionar el confinamiento. Por ejemplo, hace unos dos años, el control de impurezas en el plasma, que en la mayoría de las ocasiones provienen de desprendimientos de átomos de las paredes de la cámara de vacío, constituía el principal problema del programa de investigación en fusión magnética. Investigadores de la talla del doctor Robert Taylor, de la Universidad de California en Los Angeles, sostienen que la presencia de impurezas fue virtualmente la causa determinante de todas las anomalías o comportamientos indeseables (como la llamada *inestabilidad destructora*) de los plasmas confinados toroidalmente. Pero actualmente, el control definitivo de impurezas es una cima que pronto se conquistará, gracias a la labor del propio Taylor, entre otros.

### Éxitos y contratiempos

Por ejemplo, durante 1976, el Alcator del MIT funcionó prácticamente sin impurezas. También se han obtenido excelentes resultados con el ISX de Oak Ridge y se encuentran además los éxitos espectaculares logrados en 1978 en el PLT de la Universidad de Princeton.

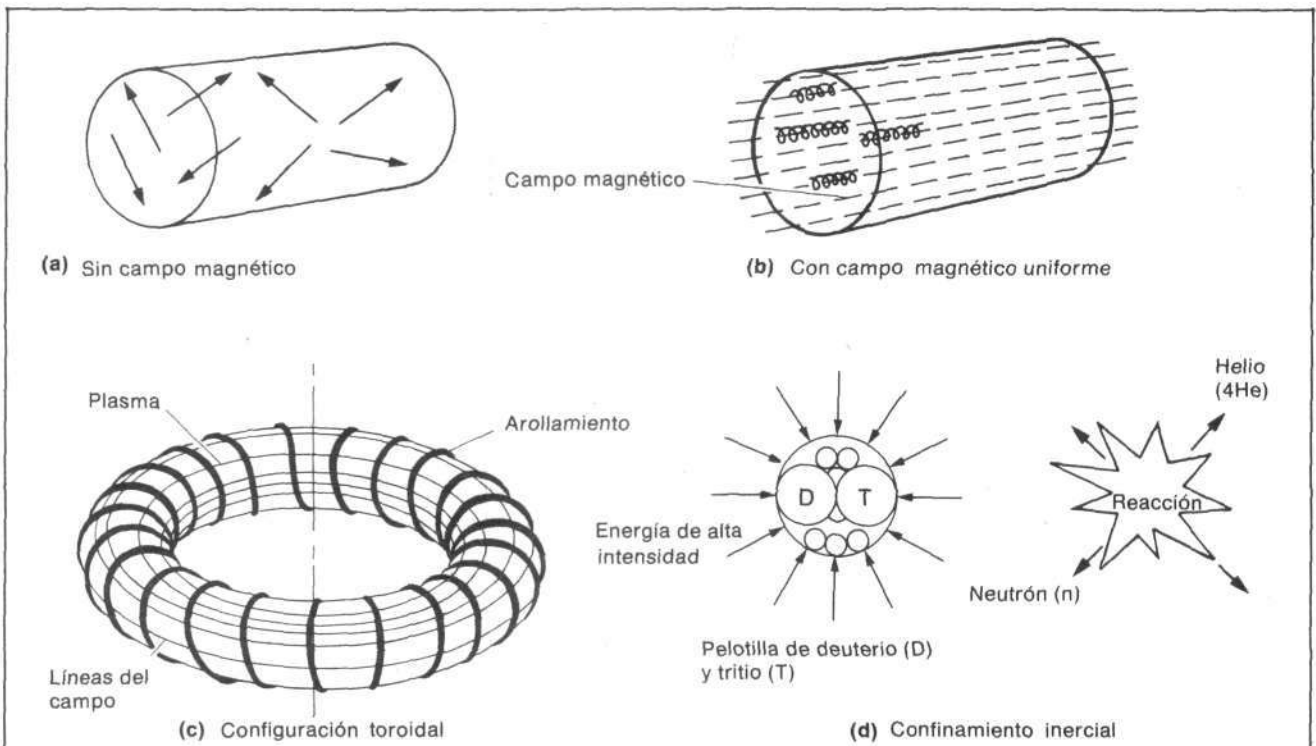
Taylor, quien contribuyó a lograr el arranque del Alcator, ha contribuido notablemente también al control de impurezas en plasmas toroidales y ha mejorado de manera significativa el diseño del tokamak. Gracias a las innovaciones de este científico, varios experimentos importantes se encuentran al alcance del presupuesto de muchas universidades.



Las limitantes impuestas por el parámetro *beta* representan el área más débil de la investigación del tokamak. Para reactores de potencia se requieren betas mínimas de 4 por ciento que, por cierto, prácticamente están al alcance de la mano experimentalmente hablando. Pero para unidades verdaderamente económicas se requieren betas de un orden del 10 por ciento. En esta área se ha progresado bastante gracias al trabajo hecho por el grupo de investigación sobre magnetodinámica del Instituto Courant de Nueva York, bajo la dirección del doctor Harold Grad, y el trabajo del grupo de física teórica del laboratorio Oak Ridge de Tennessee, E.U. Las betas más altas obtenidas experimentalmente han sido de 3.5 por ciento aproximadamente. Con respecto a otros paráme-

tros también se ha abierto un campo muy prometedor. Se cree que hay excelentes posibilidades para acelerar la investigación e incursionar pronto en el área de generación de energía eléctrica a bajos costos. Por ejemplo, J.R. McNally de Oak Ridge ha publicado una gran cantidad de artículos muy interesantes que indican que con algunos sistemas hipotéticos de confinamiento que utilicen combustibles que no sea la clásica mezcla D-T se puede obtener como producto prácticamente pura energía eléctrica.

Otros estudios del Laboratorio de Física de Plasmas de la Universidad de Princeton indican que los tipos de perfiles de temperatura y densidad obtenidos experimentalmente pueden aumentar drásticamente la rapidez de la



**Figura 3**  
**CONFINAMIENTO MAGNÉTICO Y CONFINAMIENTO INERCIAL**

En la representación esquemática (a), las flechas simbolizan el movimiento desordenado de un plasma no confinado en un recipiente cilíndrico. En el esquema (b) se le ha aplicado un campo magnético al plasma a lo largo de los ejes del cilindro. Ello hace que los electrones y los núcleos eléctricamente cargados sigan trayectorias en forma de espiral a lo largo de las líneas del campo magnético. Sin embargo, el confinamiento no es aún completo. Para que así fuera habría que cerrar los extremos del cilindro o unirlos en una forma toroidal como en (c).

En el esquema (d) se hace incidir algún tipo de energía intensa (rayo láser, de electrones o iones) sobre una pelletilla de deuterio y tritio (D-T). La superficie de ésta absorbe los intensos rayos de energía y se gasifica rápidamente, expandiéndose en el proceso como el escape de un cohete. Ello produce una fuerza igual y opuesta que comprime y calienta lo que queda de la pelletilla. El tiempo que toma a la energía liberada viajar a la velocidad del sonido del núcleo a la superficie de la pelletilla comprimida es el tiempo que permanece "confinado" el combustible. Este es simplemente el tiempo que toma la energía de fusión liberada en forma de explosión para vencer la "inercia" del propio combustible; es decir, es el tiempo que toma para que explote la pelletilla.

reacción de fusión si se proyectan las condiciones requeridas en las reacciones termonucleares.

El confinamiento inercial se basa en el mismo principio de la bomba de hidrógeno o bomba H, sólo que en vez de utilizar la explosión de una bomba atómica (el proceso de *fisión* nuclear) para encender el combustible de fusión, se emplean rayos láser o haces de electrones o iones. En general, el combustible de fusión se dispone en forma de una pelotilla muy pequeña que sirve de blanco a los haces de partículas. Presentamos aquí algunos de los resultados más importantes de los últimos años:

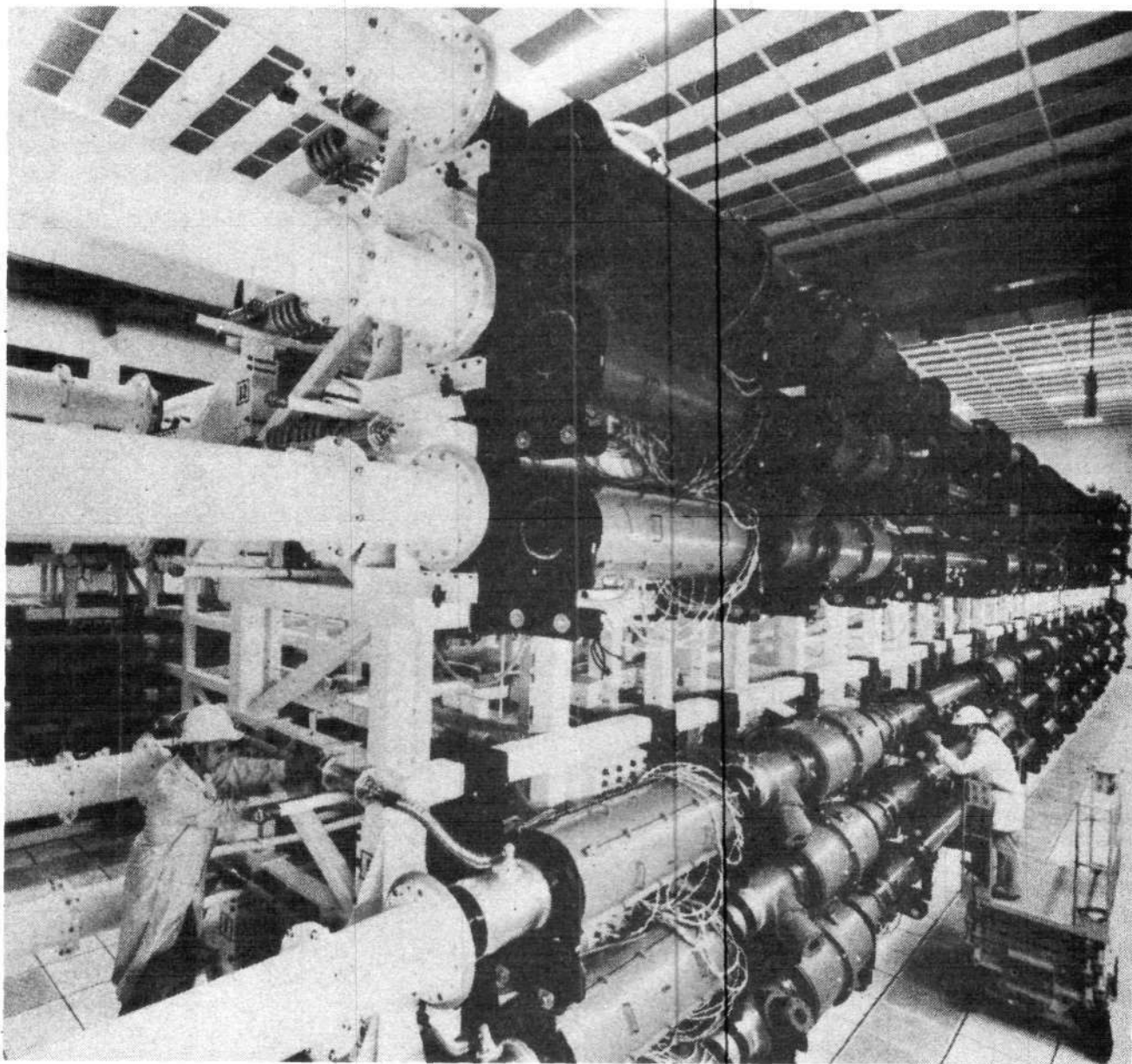
- Investigadores del Laboratorio Lawrence Livermore y de Los Alamos confirmaron recientemente que los mé-

todos de computación elaborados para bombas de hidrógeno y modificados para fusión por láser son empíricamente correctos.

- El equipo del laboratorio de Los Alamos logró condiciones de ignición con un láser de bióxido de carbono; en el Laboratorio de Sandía alcanzaron resultados semejantes usando haces electrónicos.

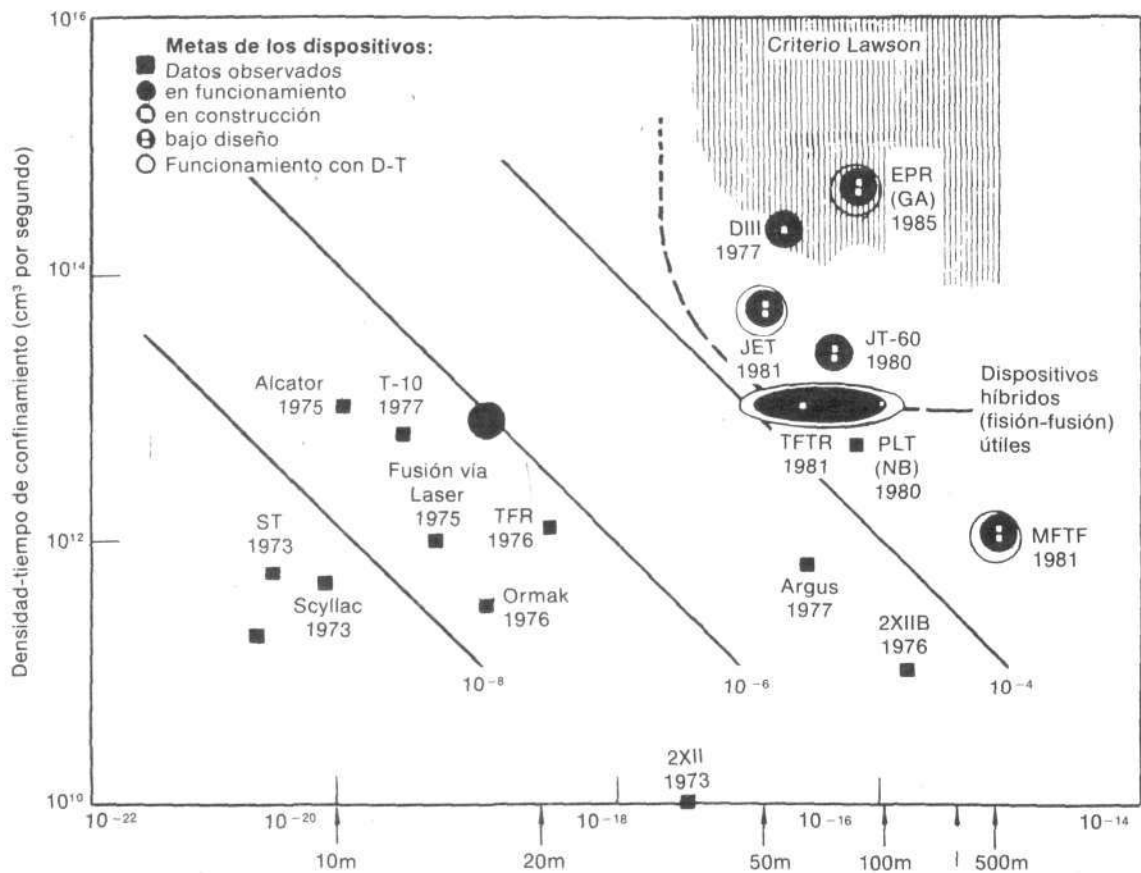
- En la Unión Soviética, varios laboratorios desarrollaron diseños de reactores basados en la tecnología actual de rayos láser y haces de electrones; se piensa que estos reactores producirían electricidad por debajo de los costos actuales.

- Bajo la dirección del académico N.G. Basov, científicos soviéticos lograron mediante rayos láser un producto



LLL

*Shiva, el sistema de rayos láser más poderoso del mundo, puede depositar en su blanco más de 30 billones de watts en menos de una mil millonésima de segundo.*



**Figura 4**  
**LOS PROGRESOS DE LA INVESTIGACION SOBRE FUSION**

El estado de la investigación en materia de fusión se muestra en este cuadro en función de resultados ya obtenidos y previsiones experimentales. Los resultados de los diversos experimentos están graficados sobre ejes logarítmicos. El eje horizontal representa la temperatura en millones de grados centígrados, mientras que el eje vertical indica el producto de la densidad del combustible y el tiempo de confinamiento en núcleos por centímetro cúbico por segundo. La zona rayada que aparece en la esquina superior derecha representa los límites dentro de los cuales debe funcionar un reactor de fusión. La línea punteada muestra que estas condiciones son mucho menos estrictas para los reactores híbridos (fusión-fisión).

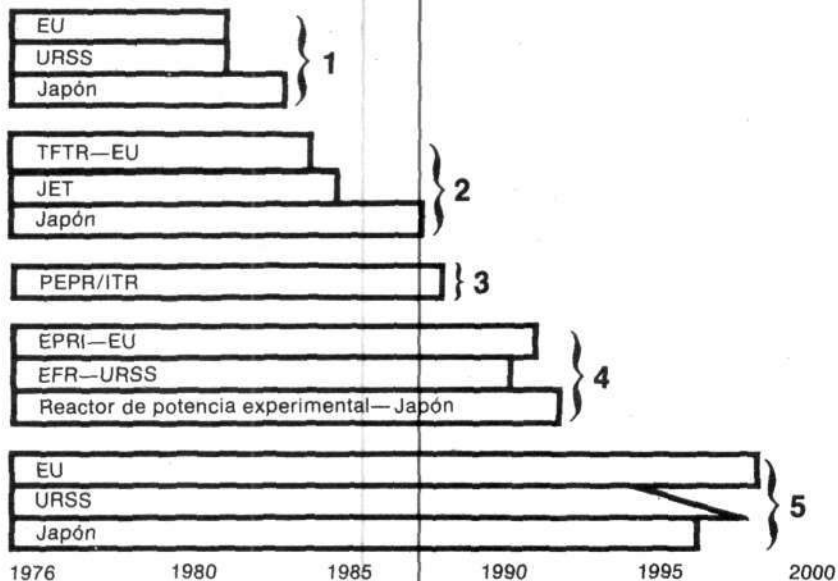
En la parte inferior aparecen las siglas y las fechas correspondientes a varios experimentos y los resultados obtenidos (cuadrados) o sus previsiones (círculos), según la siguiente guía: DII es el tokamak no circular de la General Atomic, el Doublet II. Se espera que su sucesor, el Doublet III, que ya está en funcionamiento, alcance las condiciones aproximadas al funcionamiento de un reactor. Las siglas ST se refieren al primer tokamak norteamericano, el stellarator ST de la Universidad de Princeton convertido en tokamak, el cual ha reproducido los resultados soviéticos iniciales. El ATC fue el segundo tokamak norteamericano, también de Princeton. Este es un dispositivo pequeño que demostró la viabilidad del calentamiento del plasma en tokamaks por medio de rayos neutros y compresión. El Alcator es el nombre del tokamak pequeño del Massachusetts Institute of Technology, el cual mantiene el récord en cuanto al producto densidad-confinamiento. Ormak fue el tercer tokamak construido en los Estados Unidos.

TFR, el tokamak francés, también verificó el calentamiento por haces de partículas neutras. PLT y T-10 son los grandes tokamaks norteamericano y soviético, respectivamente. El PLT, Princeton Large Torus, alcanzó temperaturas superiores a los 70 millones de grados centígrados mediante rayos neutros. TFTR son las siglas del Princeton Tokamak Fusion Test Reactor, en vías de construcción, el cual será el primer tokamak que utilice combustible de deuterio y tritio (D-T). EPR y T-20 son los modelos de la General Atomic y de la Unión Soviética para reactores de potencia experimentales. 2XII y 2XIIIB representan los resultados del sistema de espejos magnéticos abiertos del laboratorio norteamericano Lawrence Livermore. La MFTF, siglas de la Mirror Fusion Test Facility, es un dispositivo experimental del mismo laboratorio que demostrará la viabilidad de una serie de métodos de fusión.



**Figura 5  
EL CALENDARIO  
INTERNACIONAL DE FUSION**

La figura muestra las diversas etapas de realización del concepto tokamak, según los planes dados a conocer por los principales gobiernos que participan en las labores. Las etapas indicadas son las siguientes: 1) reacciones con plasma de hidrógeno, 2) combustión de deuterio-tritio, 3) experimentos para generar decenas de megawatts (MW) de electricidad, 4) producir 100 MW de elec. y tritio y 5) construir un prototipo industrial que produzca 500 MW de electricidad.



confinamiento-densidad que satisface por primera vez el criterio de Lawson.

- Resultados obtenidos independientemente por el grupo soviético encabezado por L.I. Rudakov y por científicos japoneses muestran que se ha logrado aumentar la capacidad de incidencia de los haces de electrones en capas delgadas de diversos materiales utilizados para recubrir las pelotillas-blancas, lo cual permitirá mejorar su diseño.

- Resultados teóricos obtenidos en el Laboratorio Lawrence Livermore y en el Laboratorio Naval de Investigación de los Estados Unidos indican que la inestabilidad de Raleigh-Taylor (esta inestabilidad dificulta el confinamiento inercial pues impide la uniformidad de la compresión) puede ser superada. Esto permitirá el uso de pelotillas-blancas con capas exteriores más delgadas y una ganancia energética mayor al utilizar rayos láser y haces de partículas de baja potencia.

- El sistema de ocho rayos láser de bióxido de carbono de los Alamos, logró depositar en su blanco 22 mil billones de watts y también sirvió para probar el haz prototipo para el láser de bióxido de carbono Antares.

- Científicos de Alemania occidental lograron eficiencias del 1 por ciento con rayos láser de yodo.

- Livermore obtuvo eficiencias también del 1 por ciento con rayos láser de cristal y tasas de repetición potencialmente altas (lo cual evita largos periodos de enfriamiento). Esto es sumamente importante para la viabilidad económica de centrales industriales de fusión de encendido por rayo láser.

- El laboratorio Sandia de Nuevo México informó haber obtenido corrientes de un millón de amperes por centímetro cuadrado, con protones de aproximadamente un MeV\*. La incidencia del haz de protones sobre la materia resultó mucho mejor de lo esperado teóricamente.

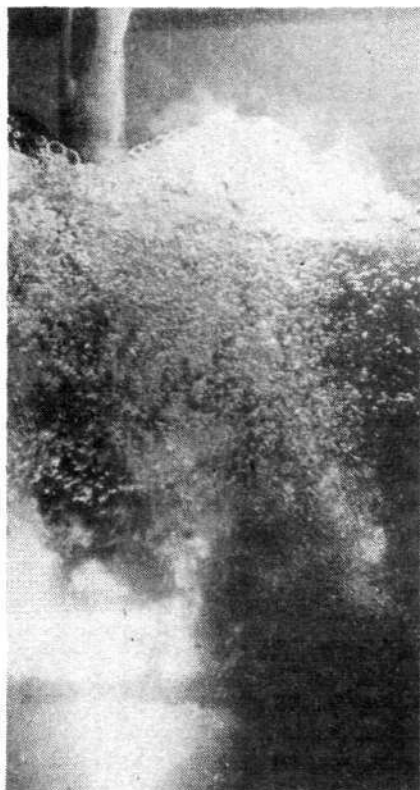
Los científicos del Laboratorio Lawrence Livermore de California han completado la construcción del láser Shiva, uno de los logros científico-técnicos más importantes de este siglo.

### El Shiva

En un pulso con duración de apenas unas cuantas mil millonésimas de segundo, el Shiva produce más energía que la consumida en ese instante por todo el planeta. Este pulso de alta potencia se ha utilizado para comprimir materia a densidades superiores a las que se encuentran en el centro de las estrellas y ha permitido hacer observaciones experimentales en estas condiciones extremas.

Hace dos años, el investigador soviético Leonid Rudakov, especialista en haces de electrones, informó a los científicos norteamericanos sobre los éxitos alcanzados por su equipo en el uso de rayos x blandos para comprimir combustible de fusión. ¡El informe de Rudakov constituyó una revelación de tal magnitud para sus colegas norteamericanos que el departamento de Energía norteamericano ordenó literalmente que se declarara secreto militar la conferencia dictada por el científico visitante! En la actualidad, los resultados obtenidos por el Shiva demuestran precisamente que el uso de rayos x blandos provenientes de la explosión de una bomba atómica (70 por ciento de la energía emitida por una bomba atómica es en forma de rayos x blandos), permite la compresión eficiente del combustible en las bombas de neutrones de fusión pura. El diseño asimétrico—en forma cónica—del blanco utilizado por Rudakov en sus experimentos con el dispositivo Angara que utiliza haces electrónicos, también es factible que se use en el diseño de las bombas de neutrones.

\*Un eV es un electrón-volt, unidad energética más o menos equivalente a los 10 mil grados Celsius; un MeV equivale a un millón de electrón-volts.



U.S. Atomic Energy Commission

Un 'soplete de plasma' ordinario al cortar una placa de acero de 2.5cm de grueso en el agua.

## El procesamiento de materiales mediante la antorcha de fusión

**E**n los próximos 20 años habremos de necesitar nuevas técnicas para la extracción y el procesamiento de materias primas, así como para la generación de energía. La economía mundial del siglo 21 dependerá de la realización de estas técnicas para redefinir los recursos básicos del planeta y abrir nuevos horizontes para la producción y utilización de materiales.

La energía de fusión nuclear y las técnicas de plasma desempeñarán un papel vital en el procesamiento químico y de materiales, junto con los reactores de fusión nuclear. Esta aplicación más general de la tecnología de fusión y de la física de plasma que literalmente generará nuevos recursos, es un resultado directo de la alta organización de la materia y la energía en un plasma de fusión. La energía de un plasma de fusión es mucho más que energía térmica.

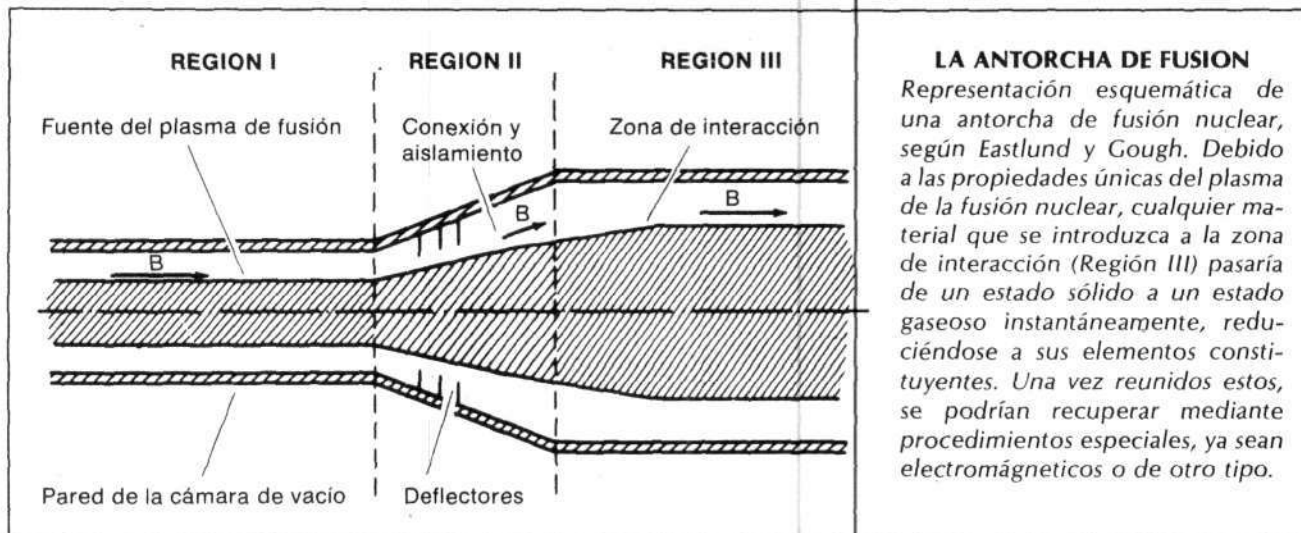
Para la extracción, reducción y procesamiento de materias primas se ha utilizado tradicionalmente la energía producida por la combustión de recursos fósiles, la energía térmica principalmente. En 1968, dos científicos, William C. Gough y Bernard J. Eastlund, propusieron aprovechar las singulares propiedades de los plasmas de fusión nuclear elevados a temperaturas superlativas para hacer frente a las necesidades energéticas y de materiales mundiales del próximo milenio.

En un informe elaborado para la Comisión de Energía Atómica de los

Estados Unidos en 1969<sup>1</sup>, Gough y Eastlund afirmaron que sus conceptos "surgieron de la fuerte convicción... de que la fusión nuclear controlada no debe considerarse solamente como una de tantas maneras de producir calor para generar electricidad mediante los sistemas ordinarios de turbinas de vapor. Más bien, la fusión nuclear controlada debe investigarse como nueva fuente de energía primaria que posee ventajas potenciales inherentes, idóneas para la conversión directa de la energía para usos sociales".

Los métodos ordinarios de generación de energía se basan en la producción de calor mediante la combustión de recursos fósiles o mediante la escisión de átomos de uranio en un reactor atómico. La fusión nuclear controlada, la síntesis de isótopos de hidrógeno elevados a una temperatura de millones de grados centígrados, no solo puede producir calor sino también distintos tipos de radiación electromagnética, partículas cargadas y neutras de alto contenido energético, así como electricidad por métodos ordinarios o directamente, sin pasar por el ciclo de vapor.

Los productos derivados exclusivamente del proceso de la fusión nuclear se pueden utilizar para reducir minerales metálicos, para procesos químicos y para la separación de materiales a gran escala. A diferencia de la energía de fusión que se observa en el sol, las centrales de fusión nuclear aquí en la tierra se podrían



### LA ANTORCHA DE FUSION

Representación esquemática de una antorcha de fusión nuclear, según Eastlund y Gough. Debido a las propiedades únicas del plasma de la fusión nuclear, cualquier material que se introduzca a la zona de interacción (Región III) pasaría de un estado sólido a un estado gaseoso instantáneamente, reduciéndose a sus elementos constituyentes. Una vez reunidos estos, se podrían recuperar mediante procedimientos especiales, ya sean electromagnéticos o de otro tipo.

"ajustar" para que produzcan diversas partículas derivadas del proceso, o para que generen diferentes tipos de radiación de acuerdo a las necesidades.

Según Gough y Eastlund<sup>2</sup>, las propiedades exclusivas de los plasmas de fusión nuclear se pueden aprovechar de dos maneras importantes, mediante lo que ellos llaman la antorcha o el soplete de fusión. El plasma generado por una reacción de fusión nuclear se puede utilizar para reducir cualquier material a sus elementos básicos. La energía del mismo plasma también se puede utilizar para producir un campo de radiación electromagnética que permitiría procesar productos químicos en un medio fluido.

#### La reducción de minerales

La antorcha de fusión se forma al transferir plasma de un reactor a una región de interacción a través de una región adyacente que lo aísla de su fuente original. Una vez ahí, el plasma se puede aplicar como si fuera una antorcha o soplete. Cualquier material sólido—simples rocas de la corteza terrestre, minerales oxidados o la basura de las ciudades—, se puede procesar en la zona de interacción Región III.

La alta conductividad térmica y el alto flujo energético del plasma gasifica instantáneamente (mediante ondas de choque), cualquier material sólido expuesto a él, ionizándolo. En cambio, si se utilizan plasmas generados en túneles de choque o mediante

arcos eléctricos no se producen las ondas de choque que se propagan en un plasma supercalentado; además, se sabe bien que cuando un plasma de baja temperatura entra en contacto con un material sólido se enfría.

Una vez ionizado el material sólido y reducido a sus elementos constituyentes por la antorcha se requiere un procedimiento especial para recuperarlos. Varios métodos han sido planeados y ensayados en el laboratorio; uno de ellos es la separación electromagnética. Esta consiste en separar los electrones del propio plasma primero y los iones de diferente masa después.

El enfriamiento instantáneo del plasma, por otro lado, da lugar a las moléculas más simples y evita la recombinación de diferentes átomos, como sucede por ejemplo en la reducción de óxido ferroso a hierro y oxígeno. El enfriamiento instantáneo se logra inyectando un gas de menor temperatura al fluido de trabajo, haciendo pasar el plasma por una superficie fría o expandiendo su flujo.

Si se mantienen constantes la temperatura y la densidad del plasma en circunstancias favorables a la recombinación del material deseado, la recombinación selectiva permite que se acumulen en las paredes de la antorcha los materiales deseados.

También se han investigado otros métodos de separación, como lo son el intercambio de cargas, las centrifugas y aceleradores de plasma. La importancia de la aplicación di-

recta del plasma para satisfacer las necesidades del siglo 21 no podía ser más evidente. Gough y Eastlund calculan que para el año 2000 una ciudad de 10 millones de habitantes que funcione solamente a base de electricidad necesitaría unos 140 gigawatts de potencia. Si se gastaran 10 de estos 140 gigawatts en la antorcha de fusión, la basura municipal, por ejemplo, podría generar unas 27 mil toneladas de materiales utilizables. Los materiales que contienen minerales de baja ley, no aprovechables por los métodos ordinarios, pasarían a ser económicamente viables y, con el tiempo, se podría extraer de la corteza terrestre importantes materias primas.

Aunque es de dudarse que la reducción de materiales a gran escala mediante la antorcha de fusión llegue a cobrar importancia antes de que se construyan los primeros reactores de fusión nuclear utilizables a escala comercial, ya se están perfeccionando los métodos para aplicar la energía electromagnética y de partículas generada por los plasmas de fusión nuclear. Un ejemplo es la esterilización industrial y la fotólisis mediante radiación ultravioleta.

—Marsha Freeman

#### Notas:

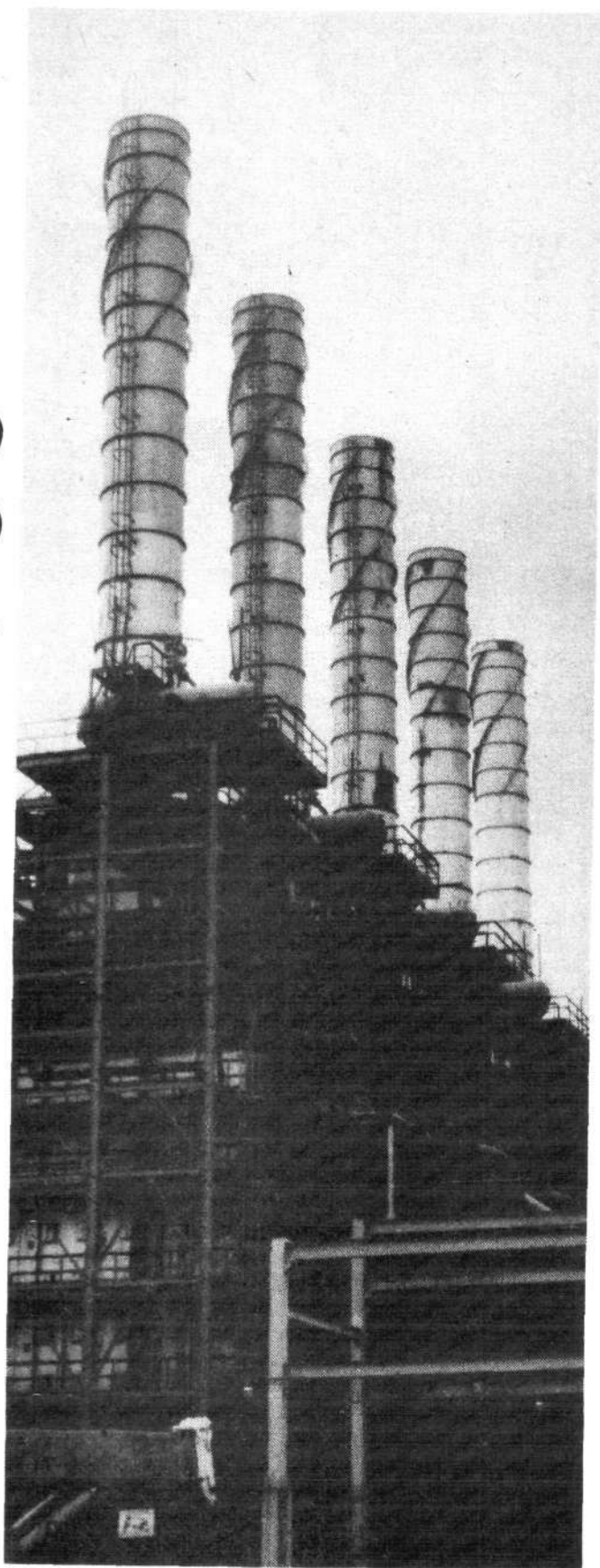
1. B. J. Eastlund y W. C. Gough, "The Fusion Torch: Closing the Cycle from Use to Reuse", Division of Research, U.S. Atomic Energy Commission, 15 de mayo de 1969.
2. B.J. Eastlund y W.C. Gough, "The Fusion Torch: Energy, Wastes, and the Fusion Torch", Division of Research, U.S. Atomic Energy Commission, 27 de abril de 1971.



# El modelo econométrico LaRouche- Riemann

Steven Bardwell

*En los últimos dos años se ha venido elaborando un nuevo concepto que promete elevar la economía al nivel de ciencia. Este es el modelo econométrico LaRouche-Riemann, cuya evolución conceptual, sus progresos y aplicaciones a diversas economías nacionales expone aquí en exclusiva para Fusión el Dr. Steven Bardwell, director de investigaciones sobre física de plasmas de la Fusion Energy Foundation.*



Lo más relevante de la existencia humana es el progreso. El hombre existe hoy por el solo hecho de que ha progresado. Es evidente que los lectores de este artículo no estarían aquí o no sabrían leer si en los 100,000 años de existencia de la humanidad no hubiera persistido una tendencia dominante hacia el crecimiento demográfico, hacia mayores tasas de consumo energético y de consumo individual. La figura 1 muestra el aspecto cuantitativo de este progreso en función del consumo energético per cápita y del crecimiento demográfico; ambas variables registran un crecimiento más que exponencial. Ese es el signo del progreso.

A pesar de la evidencia del hecho, empero, la mayoría de los economistas niegan su importancia ontológica. Entre ellos, el dogma imperante es que el progreso, el crecimiento y el desarrollo son perturbaciones que ocurren en un estado de equilibrio caracterizado por el crecimiento cero, por un nivel tecnológico estable y una población fija. Esta creencia no solamente es falsa sino que, como lo veremos más adelante, la sociedad humana no puede vivir en un estado de equilibrio permanente. O crecemos y progresamos o morimos. Así de simple es.

En los últimos 18 meses se ha elaborado un modelo econométrico que plantea el problema de la economía en términos de la necesidad del progreso y del desarrollo. El modelo parte del supuesto de que la norma necesaria de la sociedad humana es el cambio tecnológico y social; que dicho proceso supone una mayor población, mejores niveles de vida y tasas de consumo aceleradas. El problema es cómo satisfacer esa necesidad, no cómo negarla. El modelo se denomina LaRouche-Riemann porque se basa en el análisis económico de Lyndon LaRouche<sup>1</sup> y se cuantifica mediante el programa elaborado por Bernhard Riemann para tratar los fenómenos físicos con solución de continuidad<sup>2</sup>. Es el primer modelo econométrico que se basa en un análisis de las relaciones entre la productividad, el aprovechamiento energético, la inversión de capital y el desarrollo tecnológico dentro del marco de un modelo matemático de la economía. El eje central del modelo es el progreso.

#### La leyes causales de una economía

Los trabajos de investigación sobre el modelo LaRouche-Riemann se iniciaron con un minucioso estudio técnico de la relaciones de causa y efecto que gobiernan la reproducción de una economía. No basta con describir la existencia actual de un sistema económico. Lo más importante de una economía no está en su estado actual; lo más importante es lo que deberá hacer hoy (durante este ciclo de producción) para asegurar su existencia en un estado susceptible de existir en el futuro, al principio del siguiente ciclo de producción. Lo que hay que estudiar es la causalidad de la reproducción económica y no su existencia en sí.

La investigación condujo a la formulación de tres relaciones de causa y efecto que constituyen las leyes fundamentales de la economía, semejantes a las tres leyes planetarias de Kepler:

1. consumo energético = recursos básicos. Los recursos

naturales en realidad no son "naturales", sino que son creados por la base tecnológica de que se dispone para su aprovechamiento. Específicamente, la intensidad energética de un determinado nivel tecnológico define los recursos susceptibles de ser aprovechados por una economía en ese nivel. Los recursos no son finitos desde cualquier punto de vista económico. La finitud del petróleo, por ejemplo, es importante solo porque determina la velocidad y la forma en que debe consumirse para garantizar que la economía se desarrolle de manera tal que haya otro recurso que lo pueda sustituir cuando se agote. Es decir, no se puede consumir el petróleo de una forma tan lenta o tan primitiva que cuando se agote no se haya creado y perfeccionado la tecnología nuclear que se requiere para sustituirlo. Los recursos hay que consumirlos de manera tal que garanticen su sustitución.

2. inversión de capital = productividad. La técnica y el consumo energético inciden sobre una economía a través del capital y el trabajo que la componen. La técnica que crea recursos se manifiesta, en términos económicos, en la maquinaria utilizada en el proceso productivo. Pero, al contrario de lo que nos pueda decir el sentido común, el capital no es en realidad lo productivo desde el punto de vista económico. Dado el estado limitado de la tecnología hoy en día, la maquinaria es económicamente activa solo en la medida en que se utilice como una extensión del trabajo humano en el proceso productivo. Esta asociación es lo que hace que la maquinaria y el equipo sean una entidad económica; constituyen la mediación y amplificación del trabajo humano. El capital es el factor determinante de la productividad.

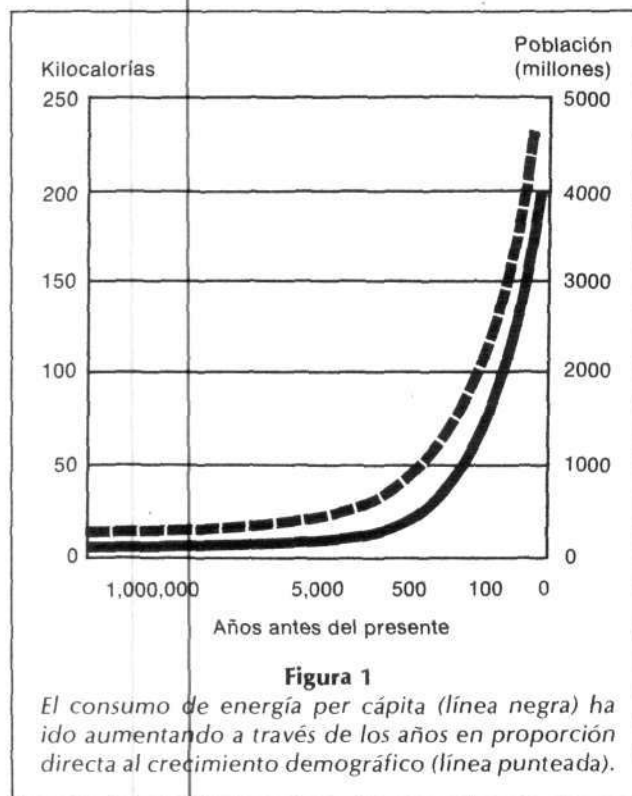
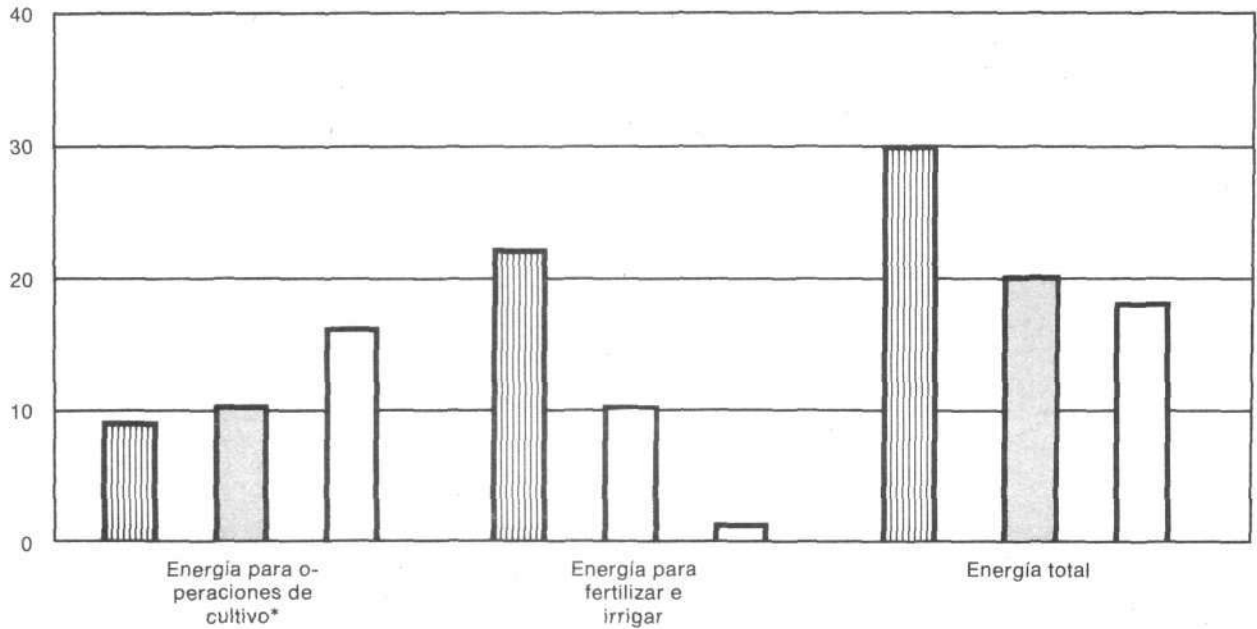


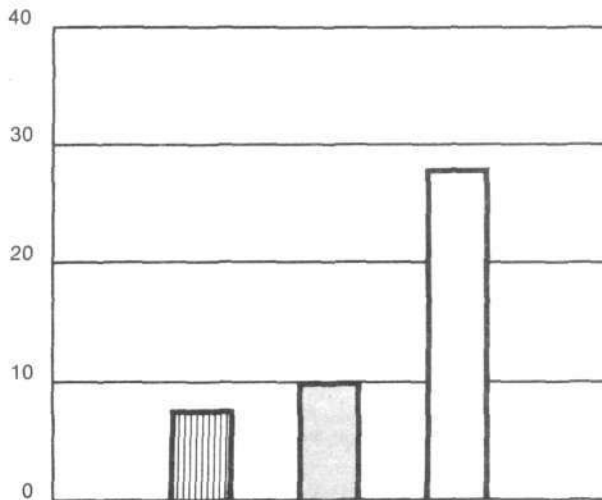
Figura 1  
El consumo de energía per cápita (línea negra) ha ido aumentando a través de los años en proporción directa al crecimiento demográfico (línea punteada).

**Figura 2**  
**CONSUMO ENERGETICO DEL CULTIVO DEL MAIZ EN MEXICO**  
 Energía por hectárea (millones de B.T.U.)

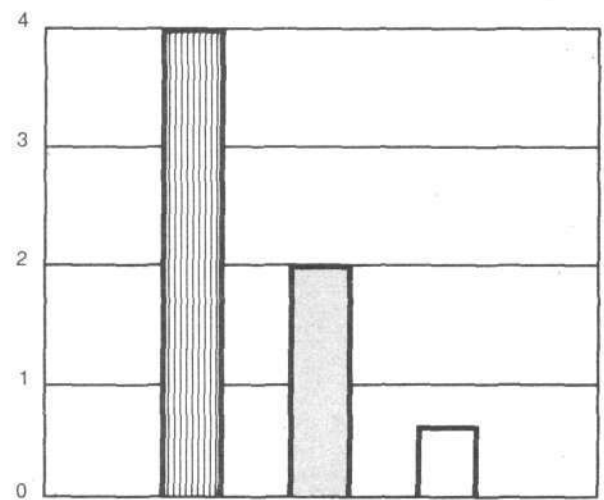


\*Incluye trabajo humano, tractores y animales.

**ENERGIA POR TONELADA**  
 Millones de B.T.U.



**RENDIMIENTO POR HECTAREA**  
 Toneladas de maíz



 Riego

 Buen temporal

 Temporal de subsistencia



En cuanto a su propósito, la inversión de capital solo es "económica" cuando eleva la productividad. Cualquier inversión en maquinaria y equipo que no altere la productividad del proceso productivo consituye un desperdicio de recursos económicos. Es decir, la inversión de capital genera productividad; pero esta relación es recíproca, puesto que el ritmo al cual se puede invertir el capital está determinado por la productividad de la economía. Dado que el capital no es algo económicamente activo en y por sí mismo, siempre representa algún tipo de deducción con respecto a las inversiones que sí son económicamente activas (más adelante veremos que la inversión de capital es muy parecida a la entropía en relación con una máquina térmica). Para que pueda ser recuperado, el capital invertido debe traducirse en mayor productividad.

3. *progreso tecnológico = niveles de vida.* Hay una estrecha relación, frecuentemente olvidada, entre el nivel tecnológico de una economía y el nivel cultural y educativo de su población. Esta relación *causativa* es recíproca: el avance tecnológico crea una fuerza de trabajo más capacitada, que requiere niveles educativos superiores y mayor tiempo de asueto. Es bien sabido que el empleo urbano industrial es uno de los vehículos más efectivos para aculturar rápidamente a una población rural primitiva. La experiencia de Corea del Sur, por ejemplo, es una clara demostración del impacto de los adelantos tecnológicos sobre el nivel de vida y educación inicialmente rural. Pero, a su vez, los niveles de vida pueden determinar el ritmo posible de la innovación tecnológica.

Lo contrario a Corea sucede en la mayoría de los países subdesarrollados, donde la carencia incluso de una modesta fuerza de trabajo calificada impide el desarrollo industrial, lo cual se agrava con la falta de infraestructura, personal de mantenimiento e instalaciones de apoyo. A lo largo de la historia humana, el ritmo posible de desarrollo tecnológico está vinculado inexorablemente a las inversiones realizadas en el desarrollo de la fuerza humana de trabajo. Ninguna de estas dos cosas puede proceder por mucho tiempo sin la otra. Tal vez sea incorrecto llamar a esta relación una ley causal, puesto que es algo mucho más teleológico que etiológico. La *razón* del progreso y el desarrollo no es el crecimiento en sí; más bien, la finalidad del progreso es la realización humana, la creación de las condiciones en las que todo ser humano cuente con los prerrequisitos necesarios para realizar sus capacidades creadoras. Las cadenas del hambre, del frío, la enfermedad y la ignorancia que atan a la mayor parte de la humanidad a sus raíces bestiales solo se pueden romper teniendo la riqueza natural suficiente para alimentar, dar vivienda y vestido a la población del mundo; el significado de la segunda ley de la economía es que esta riqueza no solo es un medio para el progreso humano sino que es un medio necesario para ese fin.

#### Un caso de estudio: la agricultura

El estudio de las tecnologías, el uso de la energía y la productividad en la agricultura nos da un ejemplo concreto de las tres leyes de la economía. La figura 2 muestra

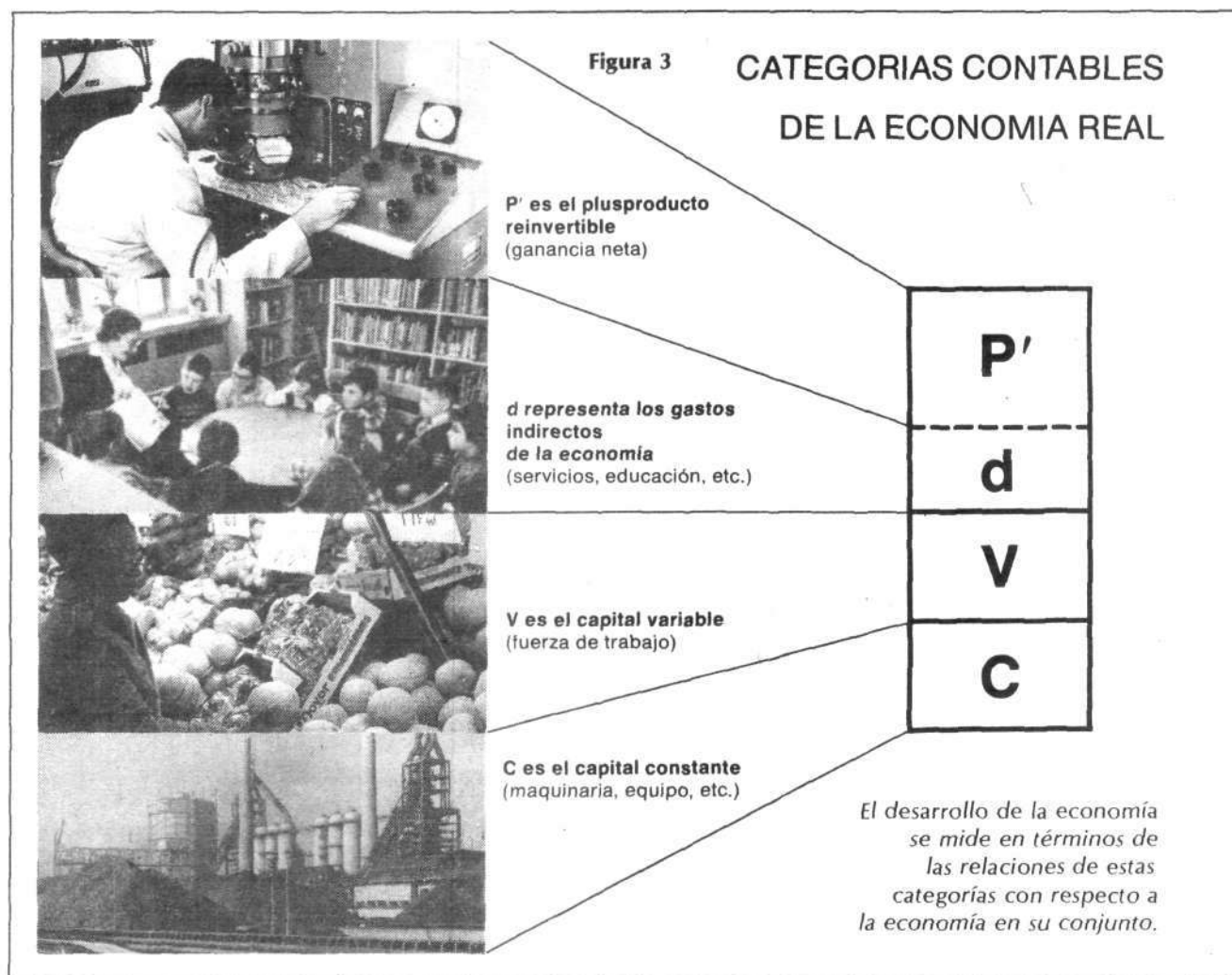
el consumo de energía de acuerdo a sus principales usos en la agricultura—el cultivo, la fertilización y el riego—para el cultivo del maíz en México. El cuadro compara el consumo de energía en tres tipos de agricultura: primero, la agricultura de riego y mecanizada (capital intensivo); en segundo lugar, la agricultura de buen temporal; y por último, la agricultura de subsistencia. La tendencia del consumo de energía es prácticamente igual en los dos primeros. Ambos muestran un desplazamiento del consumo de energía en la forma de trabajo humano y animal hacia el consumo de energía en la forma de fertilizantes e implementos mecánicos. Lo interesante, empero, es que la cantidad total de energía utilizada en estos tres tipos de agricultura no difiere mucho si se mide en términos de la energía aplicada por unidad de área. La agricultura avanzada y mecanizada utiliza solo alrededor de un 30% más de energía por hectárea.

Lo importante aquí es la calidad de la energía aplicada. Es muy engañoso comparar unidades de energía en la forma de trabajo humano o animal con las mismas unidades de energía en la forma de fertilizantes. Cualitativamente, su impacto es tan diferente que no se pueden comparar. Esto es perfectamente congruente con las tres leyes de la economía anteriormente planteadas: el creciente uso de energía humana supone una disminución de la productividad y de la calidad de la vida humana. La agricultura de subsistencia es a la vez causa y efecto de la baja inversión de capital. Asimismo, el mejoramiento cualitativo del uso de la energía crea nuevos recursos agrícolas. La aplicación de formas tecnológicamente superiores en el uso de la energía produce el impresionante efecto ilustrado en la figura 3. La intensidad energética, medida en unidades de energía por tonelada de grano producida, se reduce de forma significativa. Es decir, la cosecha, medida en términos de producción por unidad de energía, es el doble en el caso de la agricultura mecanizada, en tanto que el rendimiento por hectárea es aún mayor.

El mismo fenómeno se puede observar en la figura 4, en donde se compara el consumo de energía en la producción de arroz en varios países. La tabla muestra que para producir una tonelada de arroz en la India se requiere el doble de la energía que se utiliza en Japón. La energía por hectárea que se utiliza en Japón es solo 25% mayor que en la India, pero la composición interna de esa energía es muy diferente en los dos casos. La alta intensidad energética aplicada a través de tecnologías más avanzadas, es lo que genera la alta productividad.

#### El modelo LaRouche-Riemann

Cada uno de los seis factores de las ecuaciones formuladas anteriormente están unidos inexorablemente: la energía consumida en un proceso de alta tecnología, controlado por una fuerza de trabajo capacitada, producirá nuevos recursos cada vez con mayor productividad, debido al creciente consumo personal y las tasas de inversión de capital que el proceso permite. A su vez, la realización de esta inversión de capital en un ambiente caracterizado por mejores niveles de vida, se traducirá en



un progreso tecnológico acelerado, el cual constituye la mediación para un consumo de energía más eficiente. Esta misma serie de causas y efectos describe también el proceso de las depresiones y el colapso económico, donde la insuficiente inversión de capital y el deficiente índice de consumo energético, repercuten negativamente en los niveles de vida y en la productividad, lo que a su vez frena el ritmo del cambio tecnológico y del aumento de la productividad en un proceso que desciende en espiral.

Así ocurre el progreso. Como pudiera suponerse, se necesita una matemática muy especial para describir un proceso autosustentado y altamente interactivo, cuya evolución procede a saltos de una manera discontinua.

Ni el progreso ni el derrumbe económico son procesos sin solución de continuidad; ambos proceden a saltos y su comportamiento está limitado por las singularidades (soluciones de continuidad) de esa evolución. Estas, como lo veremos más adelante, incluso pueden determinarlos. Los métodos matemáticos que se requieren son los elaborados por Riemann para describir lo que él mismo reconoció como un aspecto universal de la evolución: el hecho de que ésta ocurre de forma escalonada, progresando a través de lo que él llamó multiplicidades diferen-

tes que se conectan mediante singularidades matemáticas. Riemann formuló una matemática que define las funciones en términos de sus singularidades, y las multiplicidades en términos de las funciones (evolución) que sustentan.

Es importante señalar que en la física matemática existe el recíproco a la proposición de Riemann, llamada el Teorema H. Este estricto planteamiento matemático dice que si un sistema se limita a una sola multiplicidad, sin solución de continuidad, entonces no es posible la evolución hacia estados más complejos. El Teorema H<sup>(1)</sup> demuestra que la involución es una consecuencia necesaria de la continuidad y la linealidad. De hecho, solamente el método matemático de Riemann puede describir el aspecto más fundamental de la economía: el progreso.

La figura 5 muestra un diagrama de la primera versión del modelo LaRouche-Riemann. Se empieza con los insumos (medidos en términos monetarios) requeridos para un ciclo de producción económica, dividido en bienes tangibles necesarios para la reproducción de la fuerza de trabajo productiva (representados por  $v_i$ , que corresponde a los bienes tangibles consumidos por la fuerza de trabajo productiva del sector  $i$ ) y los requeridos para la reproduc-

**Figura 4**  
**ENERGIA EMPLEADA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN VARIOS PAISES\***

	India	China	Taiwán	Japón	Estados Unidos
Potencia Instalada en Maquinaria Agrícola y Animales de Tiro (H.P./Ha.)	0.7	0.7	0.5	1.6	1.5
Energía para las Operaciones de Cultivo (millones de B.T.U./Ha.)**	20.0	20.0	10.0	10.0	7.0
Energía para el Riego y la Producción de Fertilizantes (millones de B.T.U./Ha.)	6.5	12.0	22.0	22.0	25.0
Uso Total de Energía (millones de B.T.U./Ha.)	26.5	32.0	32.0	35.0	32.0
Rendimiento en la Cosecha (Ton/Ha.)	1.4	3.0	4.0	5.6	5.1
Consumo de Energía (millones de B.T.U. por Ton. de Arroz)	19.0	10.7	8.0	6.2	6.3

\*La producción total de granos no depende solamente de la variedad de semilla utilizada, de la calidad de la tierra, etc., sino también de la combinación de granos cultivados. En consecuencia, la eficiencia energética de los diversos métodos de cultivo se comparara mejor en un solo tipo de grano.  
\*\*Se refiere a la energía utilizada para las diversas operaciones de cultivo y cosecha. Fuente: Arjun Makhijani, *Energy and Agriculture in the Third World*, Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Company, 1973.

ción de la maquinaria, el equipo y las materias primas (representadas por  $c_1$ ). Estos insumos se consumen en el proceso de producción.

Como resultado del proceso de producción, cada sector genera un producto global, una fracción del cual es plusproducto y está proporción a la productividad de ese sector. En un sentido causal, el empleo de trabajo productivo en ese sector ha generado una ganancia asignable al mismo. El modelo reúne el producto de todos los sectores y divide el total en tres categorías: 1. el inventario necesario para la reproducción en equilibrio de la fuerza de trabajo y los bienes de capital de la economía (lo que es aproximadamente igual a la suma de todas las cantidades  $v_1$  y  $c_1$  del ciclo de producción anterior); 2. la porción del plusproducto total invertida en  $V$  o  $C$  en el siguiente ciclo de producción (esta porción del producto total es lo que se *invierte* en la expansión cualitativa o cuantitativa de  $V$  o  $C$ ); y 3. la porción del plusproducto que representa los gastos indirectos ( $d$ ), tomados del inventario de bienes tangibles. Estos últimos representan tanto los gastos necesarios (salubridad, educación, ciertos servicios públicos, etc.) como los innecesarios (p.ej. el narcotráfico).

La diferencia normativa entre el consumo productivo y el consumo no productivo durante el proceso de reinversión es absolutamente fundamental. La mayoría de los modelos económicos no hacen tal distinción y sí confunden en categorías económicas equivalentes los materiales de construcción utilizados en una siderúrgica, por ejemplo, con los utilizados para construir un casino. En efecto, la misma "demanda efectiva" que tienen esos 100 millones

de dólares de concreto, acero y trabajo de construcción se genera en ambos casos por medio de inversiones de plusproducto, pero la importancia económica de las inversiones es completamente diferente si se miden en términos del impacto que tendrán en la *actividad económica futura*. La inversión en la siderurgia incrementa la capacidad de la economía de producir bienes tangibles. El impacto de dicha inversión es mucho mayor en la presente coyuntura mundial, dado que la reducida capacidad siderúrgica es un cuello de botella crítico en casi todos los países de menor desarrollo económico. El casino, por otra parte, constituye un gravámen para la economía donde se realizó esa inversión. Los materiales y el trabajo utilizados en su construcción ya no podrán ser aprovechados en la actividad económica futura. De hecho, el resultado podría ser peor, dado que el nivel moral y cultural de la población disminuye con el "consumo" del casino.

El modelo LaRouche-Riemann hace una diferenciación fundamental entre esos dos tipos de inversiones, clasificando las utilizadas para la expansión de la fuerza de trabajo y del capital consumido productivamente como aportaciones netas al inventario de capital y trabajo de la economía, y las no productivas como una deducción de la ganancia bruta de la economía.

El modelo cuantifica estas consideraciones mediante dos relaciones:

$\delta = \text{productividad}$ . Si bien la producción por hora-hombre es una forma útil de medir la productividad, no muestra claramente las relaciones energéticas de la producción económica. El modelo LaRouche-Riemann utiliza una medida mucho más precisa de la productividad, dada



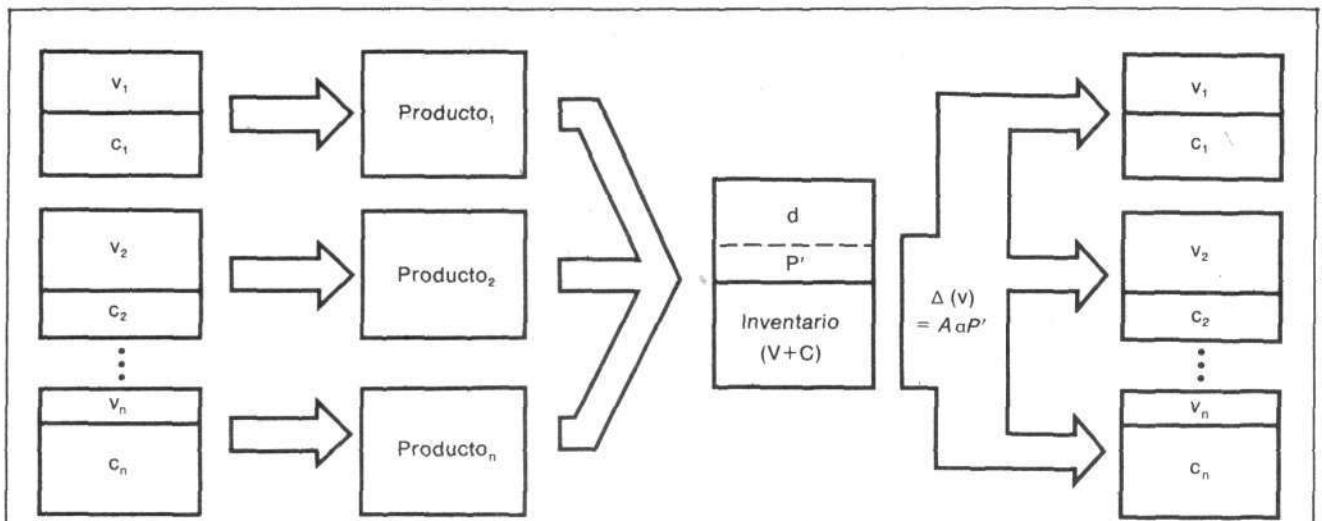


Figura 5

**DIAGRAMA DE LA PRIMERA VERSION DEL MODELO LAROUCHE-RIEMANN**

En el modelo se empieza con los insumos correspondientes a un ciclo de producción económica, divididos en los bienes tangibles necesarios para la reproducción de la fuerza de trabajo productiva en cada sector ( $v$ ) y los requeridos para la reproducción de la maquinaria, equipo y materias primas ( $c$ ). Estos insumos se consumen en el proceso de producción, para dar como resultado el producto de cada sector.

Cada sector produce un plusproducto proporcional a su productividad; en términos causales, el empleo de trabajo productivo genera ganancias. Después se reúnen los productos de todos los sectores y se dividen en tres categorías: (1) el inventario necesario para la reproducción en equilibrio de la fuerza de trabajo y los bienes de capital de la economía (lo cual equivale a la suma de las cantidades  $v$  y  $c$  del siguiente ciclo de producción); (2) el plusproducto invertido en la expansión de  $V$  y  $C$  del siguiente ciclo (expansión cualitativa o cuantitativa de la actividad económica); y (3) los demás gastos "indirectos" ( $d$ ) en bienes tangibles necesarios (salubridad, educación, ciertos servicios, parte de la burocracia oficial y privada, etc.) e innecesarios. La debida reproducción de una economía depende de la magnitud de sus gastos productivos en comparación con sus gastos no productivos. En razón de ello, el modelo determina un "coeficiente de energía libre",  $P'/(C+V)$ . La economía progresa si el ritmo de crecimiento de este coeficiente aumenta.

por el coeficiente  $P/V$ . La productividad es dada por la proporción entre el plusproducto y la inversión dada de trabajo productivo. Esto difiere de las medidas ordinarias de la productividad en dos aspectos importantes: en primer lugar, para el cálculo de los salarios o las horas-hombre básicas nuestro modelo toma en cuenta solo la fuerza de trabajo productiva, lo cual excluye a los empleados administrativos que participan en el proceso productivo. En segundo lugar, lo importante no es el producto bruto, sino el plusproducto o la ganancia bruta producida. Dado que el trabajo productivo "transfiere" el valor de los ingredientes del proceso productivo con el que empezó, su productividad real se oscurece si se incluyen las materias primas y demás insumos en el cálculo de la productividad del trabajo. Por lo tanto, una medida más precisa del contenido de la actividad del trabajo en la economía se obtiene si se le atribuye solo al trabajo el plusproducto o ganancia bruta.

$\gamma$  = proporción de gastos no productivos. En forma paralela a la productividad se tiene el "coeficiente de improductividad", dado por  $d/V$ , el cual mide la proporción de los gastos indirectos promedio por unidad salarial

de trabajo productivo. Todas las inversiones no productivas, sean estas necesarias o innecesarias, están incluidas en este coeficiente. Es evidente que el aumento de  $\gamma$  puede representar diferentes estados de la actividad económica. Si el aumento de  $d$  se debe a que una economía proporciona niveles superiores de educación y cultura, más servicios y una mejor atención médica, entonces el aumento de los gastos no productivos ( $\gamma$ ) acompañará al aumento de la productividad ( $\delta$ ). Sin embargo, también puede suceder que  $\gamma$  aumente al mismo tiempo que disminuye la productividad, si el grueso de los gastos indirectos en cuestión no son necesarios.

En cualquier caso, la diferencia entre los dos coeficientes es lo que determina el signo y la magnitud de  $P'$ . Dado que la inversión neta equivale al plusproducto bruto menos los gastos indirectos ( $P - d = P'$ ), la inversión neta por unidad de salario productivo resulta de la diferencia entre  $\delta$  y  $\gamma$ . Si  $\gamma$  es mayor que  $\delta$ —es decir, si la tasa de inversión no productiva es mayor que la productividad—entonces la inversión neta será negativa. Esta situación no solo es posible matemáticamente, sino que, como lo veremos mas adelante, es la razón de las crisis económicas.

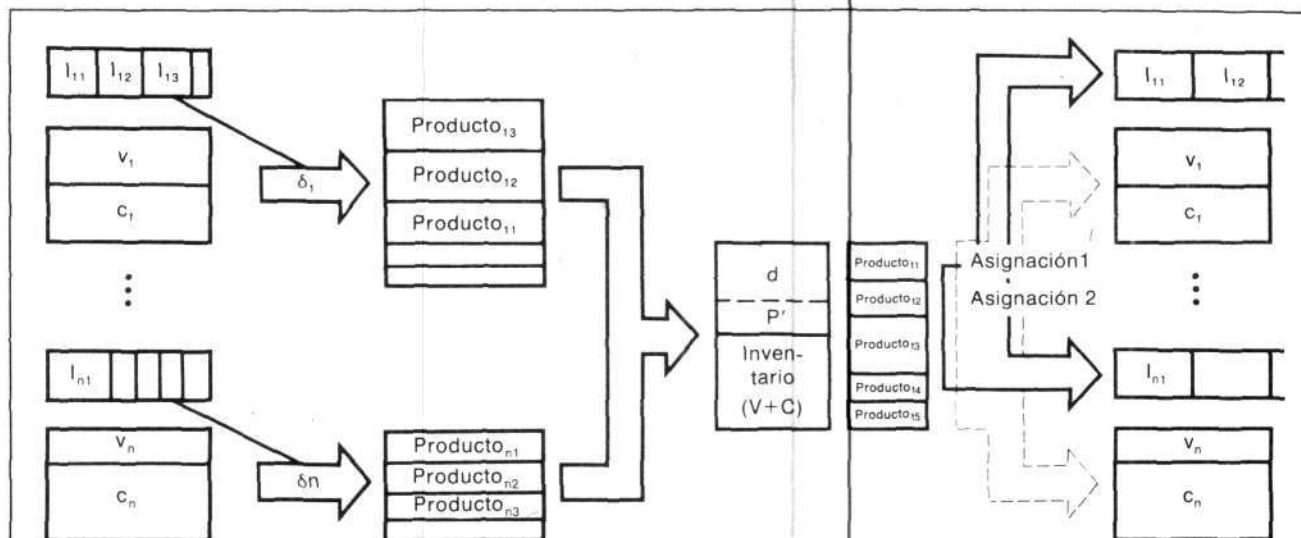


FIGURA 6

**DIAGRAMA DE LA TERCERA VERSION DEL MODELO LAROCHE-RIEMANN**

Una economía real funciona simultáneamente a dos niveles, uno de los cuales se trata en el modelo de la figura 5. Además de los flujos de bienes tangibles que se indican en la primera versión, la reproducción de la economía depende de la composición material de los mismos. De esta manera una combinación dada de trabajo, de energía y de adelantos técnicos, implica una reproducción en el siguiente ciclo económico con una determinada productividad. En la tercera versión, esta composición se toma en cuenta mediante una medida de productividad que depende funcionalmente de los vectores insumo-producto correspondientes a ese sector. Esto le permite al especialista determinar la productividad de un sector dado variando los insumos del mismo (la intensidad energética, por ejemplo).

Una vez que se completa el ciclo de producción, hay que hacer dos asignaciones. En la primera se asigna la inversión financiera a cada sector de la misma manera que en la primera versión del modelo. En la segunda se asigna el plusproducto en su forma material. Esta última asignación es particularmente crítica en los renglones donde se producen cuellos de botella, como el de máquinas herramientas, en el sentido de que la menor variación de la inversión de un sector a otro puede repercutir considerablemente en la productividad global.

La economía de los Estados Unidos ha estado en ella desde 1975.

El modelo mide la diferencia entre  $\delta$  y  $\gamma$  mediante un coeficiente semejante, llamado el coeficiente de energía libre, el cual es igual a  $P'/(C + V)$ . Este indica la relación entre el plusproducto invertido productivamente,  $P'$ , y la suma total del capital necesario para una reproducción en equilibrio,  $(C + V)$ . Se puede demostrar que esta relación representa la tasa de crecimiento inmediato posible de la economía. La tasa de inversión productiva representa además la máxima tasa de crecimiento posible; es una medida de la eficiencia con la que la economía orienta su capacidad productiva (en términos de  $V+C$ ) hacia la producción de plusproducto reinvertido ( $P'$ ). El comportamiento de este coeficiente es el indicador más sensitivo del éxito o del fracaso de un programa de inversión.

**La asignación de recursos**

¿Qué es lo que distingue un programa de inversión de otro? ¿Qué es lo que asegura el éxito de la estrategia que se concentra en tecnologías avanzadas y que condena a la depresión y el colapso económico a la que se basa en

“tecnologías apropiadas”? Más que nada es la asignación de  $P'$ , la proporción en que se invierte en la fuerza de trabajo y el capital. A cualquier nivel, desde una compañía privada o estatal hasta el conjunto de la economía nacional, la cuestión práctica y central de la programación económica es la composición de la inversión: ¿se debe añadir otro turno y utilizar las mismas instalaciones? ¿se debe construir otra fábrica? ¿será mejor duplicar las instalaciones existentes o emplear la tecnología más moderna? ¿valdrá la pena diversificar la producción?

El modelo Larouche-Riemann cuantifica las respuestas a estas preguntas mediante una serie de coeficientes que miden la importancia económica de las decisiones que determinan la inversión de capital. Estos coeficientes difieren de la productividad o del coeficiente de energía libre porque son determinados por decisiones políticas; son la mediación entre el planificador o el propietario de una fábrica y la economía:

$\alpha$  = composición de la inversión. Este coeficiente representa la fracción de la inversión dirigida a incrementar  $V$ . Es la inversión que incrementa o mejora la fuerza de trabajo capacitada y productiva, dividida por la reinversión

total ( $P'$ ). A medida que aumenta  $\alpha$  aumentan las inversiones basadas en el uso intensivo de mano de obra, y a medida que disminuye se gasta una proporción más alta de  $P'$  en maquinaria, equipo y materias primas. La magnitud de  $\alpha$ , empero, no está determinada ni en el modelo ni en la economía real:  $\alpha$  expresa casi exclusivamente *decisiones sobre inversiones*.

El efecto de la variación de  $\alpha$  presenta en el modelo dos aspectos diferentes. En primer lugar, su aumento significa que la fuerza de trabajo crece rápidamente y, por ende, como efecto de primer orden, representa un mayor plusproducto simplemente porque hay más gente trabajando. Sin embargo, su aumento también significa que la tasa de inversión de capital crece con mayor lentitud, lo que disminuye la productividad de la fuerza de trabajo empleada. Esta proporción inversa entre una mejor (o mayor) fuerza de trabajo y la acumulación de capital es la paradoja más antigua y difícil del progreso económico. El modelo

LaRouche-Riemann ofrece un criterio general para la asignación óptima de  $P'$  que tienda a maximizar las tasas  $A$  de crecimiento de  $P'/(C+V)$ . Además de la asignación que afecta a la composición interna de  $P'$ , su concentración en la economía debe dividirse por sectores. En el modelo LaRouche-Riemann la asignación intersectorial de la inversión se mide mediante una fracción,  $A_i$ , de la totalidad de  $P'$  invertida en el sector  $i$ . Es decir, la cantidad de inversión de un sector dado es  $A_i$  multiplicada por el total de  $P'$ . Del proceso de asignación se deriva una serie de ecuaciones diferenciales que describen las tasas de cambio de  $P$ ,  $V$ , y  $C$  con respecto al tiempo para cada sector de la economía, en términos de la productividad, la inversión no productiva y los coeficientes exógenos que gobiernan la asignación de la inversión (ver glosario de ecuaciones).

Estas ecuaciones diferenciales—76 en total para el modelo de la economía norteamericana—se resuelven por medio de computadora por año o trimestre, para obtener el valor del plusproducto tangible bruto ( $P$ ), los salarios de los trabajadores productivos ( $V$ ) y las inversiones de capital (en la primera versión del modelo no se distinguían modalidades del capital; en la segunda versión se tratan por separado las materias primas y los energéticos y la maquinaria y equipo), junto con los gastos indirectos globales y, lo que es más importante, el coeficiente de energía libre.

#### La economía como máquina

Si la economía está gobernada por un conjunto de leyes de causa y efecto, y si se puede describir con tanta precisión como lo ha hecho el modelo LaRouche-Riemann, debe haber entonces una estructura fundamental sobre la cual descansa y cuyas manifestaciones superficiales son las leyes causales y la regularidad matemática. Esta conformidad a leyes debe tener un origen más fundamental. Tal es el caso, y su inteligencia es esencial para poder interpretar la historia económica moderna, por un lado, y garantizar la debida continuación del progreso humano, por el otro.

Aún intuitivamente, una economía guarda semejanza con una máquina, muy complicada tal vez, pero al fin un dispositivo mecánico de algún tipo que requiere de mantenimiento, de insumos y que nos da un producto útil. Ahora bien, el problema fundamental que anima tanto a la economía como a la ciencia de las máquinas—la termodinámica—es el problema de cómo maximizar la eficiencia, la energía útil, lo que en la termodinámica se denomina energía "libre" de la máquina o de la economía. En ambos sistemas la cantidad de energía disponible es menor que la energía total. La termodinámica y la economía están (o deberían estar) orientadas a minimizar la diferencia, la energía desperdiciada. En particular nos interesa maximizar la proporción de la energía libre con respecto a la energía total, magnitud que llamamos el coeficiente de energía libre.

La diferencia entre la energía total y la energía libre se puede ilustrar con un ejemplo tomado de la termodinámica. Si tenemos cuatro litros de agua a cero grados

## Glosario de ecuaciones

Los diferenciales

$$1) \quad dP'/dt = \alpha\delta P' - \alpha\gamma P' + \delta'V - \gamma'V,$$

$$2) \quad dV/dt = \alpha P',$$

$$3) \quad dC_1/dt = (1-\alpha)\eta \cdot P', \text{ y}$$

$$4) \quad dC_2/dt = (1-\alpha)(1-\eta)\epsilon P', \text{ en los que}$$

$\alpha$  = composición del capital invertido  
=  $\Delta V/P'$

$\delta$  = productividad =  $P/v$

$\gamma$  = gastos no productivos  
=  $d/V$

$\eta$  = coeficiente capital circulante/capital fijo  
=  $\Delta C_1/(1-\alpha)P'$

$\epsilon$  = tasa de depreciación

$V$  = producto requerido para reponer la fuerza de trabajo empleada productivamente

$C_1$  = producto requerido para reponer las materias primas consumidas productivamente

$C_2$  = producto requerido para reponer maquinaria y equipo utilizados productivamente

$P$  = producto total menos ( $V+C_1+C_2$ )

$P'$  = la porción de  $P$  invertida para aumentar la capacidad de producción (e.g.  $V$ ,  $C_1$  o  $C_2$  para el año próximo)

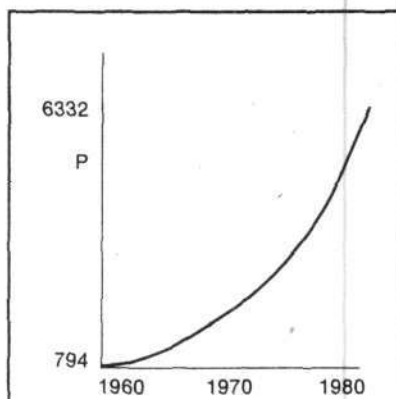
$d$  =  $P-P'$

Nótese que este sistema de ecuaciones es una generalización de los modelos riemannianos previos en el sentido de que si bien las ecuaciones (1) y (2) no han variado, la (3) y la (4) han absorbido la vieja ecuación correspondiente a  $C$ .

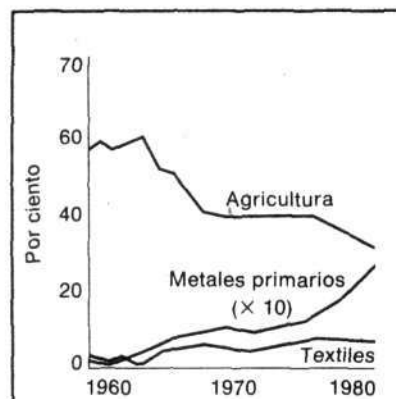




**Gráfica 1:**  
 **$P'/(C+v)$**



**Gráfica 2:**  
**P TOTAL**



**Gráfica 3:**  
**COMPOSICIÓN DE LA ECONOMÍA**

### LA ECONOMÍA SURCOREANA: 1960-1980

El "milagro económico" de Corea del Sur es un caso de estudio ya clásico del desarrollo económico de un país cuya población hace 20 años era más pobre y menos urbana que la población india, y que hoy es una nación moderna casi totalmente industrializada.

Las figuras muestran algunos de los rasgos más sobresalientes de la serie de cambios cualitativos y casi únicos que la economía coreana experimentó en los últimos veinte años. La figura 1 muestra el comportamiento de la relación  $P'/(C+V)$  de 1960 a 1980. La producción de bienes tangibles creció a una tasa anual promedio de 18%—*¡en 20 años aumentó 25 veces!*—y de hecho, como lo muestra la figura 1, en varios años superó esa tasa. La figura 2 muestra la ganancia bruta (P) lograda en ese mismo período. La comparación de las dos hace patente la capacidad de diagnóstico del coeficiente  $P'/(C+V)$ . Los dos mínimos en el primero corresponden precisamente a los años en que la facciones coreanas aliadas al Banco Mundial pudieron imponer políticas de inversión que favorecían a los sectores de uso intensivo de la mano de obra. Las altas tasas de crecimiento de otros años son resultado directo de la aplicación de políticas que favorecen el uso intensivo de capital y energía, las cuales han prevalecido en la economía coreana. En la tercera se muestran las variantes de los patrones de la inversión y sus períodos concomitantes de crecimiento económico, para lo cual se comparan los porcentajes de ganancia total logrados en sectores representativos de la producción que más uso hace de la mano de obra (agricultura), la industria liviana (textiles) y la industria pesada (principalmente metales). El desarrollo de la economía coreana en los últimos 20 años muestra de una forma muy plástica los resultados derivados de la inversión en sectores tecnológicamente avanzados: el aumento en la productividad, la urbanización y en el uso intensivo de capital.

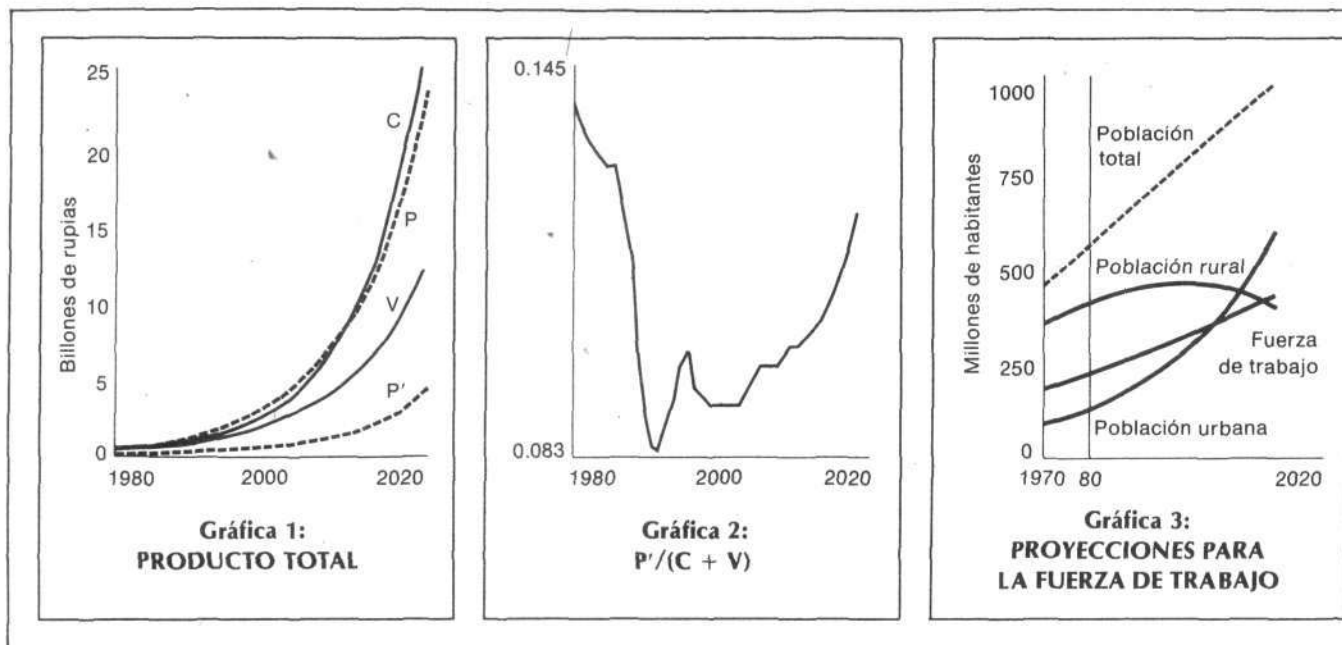
centígrados y otro a 100 grados, en un cuarto a 20 grados (temperatura ambiente), se puede extraer trabajo útil de la diferencia de temperatura de los dos cuerpos (con una máquina ideal se podría transformar toda la energía interna en electricidad, por ejemplo).

La energía interna del sistema en total es igual a la suma de la energía de las dos partes. Si mezclamos el contenido de los dos recipientes tendremos 5 litros de agua a 20 grados centígrados, una mezcla cuya energía total es la misma con la que empezamos. Pero no tenemos energía "libre". Dado que ahora la diferencia de temperaturas entre el aire y el agua será igual a cero, no se puede realizar trabajo con la energía (interna) total del agua. ¡La proporción de energía libre ha cambiado de 1 a 0!

Es evidente que el coeficiente de energía libre estará íntimamente relacionado tanto al aspecto económico como al aspecto técnico de la economía; de alguna manera debe medir el grado de correspondencia de la superestructura económica con respecto al modo básico

de producción industrial. La disminución del coeficiente de energía libre indica que la economía ha pasado a un estado de reproducción "inadecuado". Su incremento, por el otro lado, indica una superestructura económica "adecuada", cuyo cuadro de inversiones mejora la productividad de la fuerza de trabajo y por ende, impulsa la formación de capital. El coeficiente puede ser igual a cero o negativo, lo cual indica un efecto netamente destructivo de la actividad económica en la economía física. En términos termodinámicos, cuando el coeficiente es igual a cero se ha llegado a un "punto crítico" que indica que se ha iniciado la transición hacia una nueva fase o algún otro fenómeno singular (en términos económicos, una depresión).

Lo primero que hay que hacer para analizar una economía desde el punto de vista de la termodinámica es encontrar los paralelos de las dos leyes de ésta; la primera es una ley de equilibrio energético y la segunda la causa de la disipación de la energía o la posibilidad de obtener



un coeficiente de energía libre igual a 1. (Algunas veces se le llama a la primera la ley de la conservación de la energía; es evidente, empero, en razón de su versión económica, que en realidad describe la ley de la transferencia de la energía).

La primera ley de la economía (que se puede derivar de las ecuaciones diferenciales del modelo riemanniano), es:

$$\Delta E = \text{variación del producto total} \\ = dw + dQ$$

= incremento del capital consumido y reproducido continuamente más el incremento del capital no consumido y reemplazado cada año. Es decir, el proceso de producción agrega dos formas de valor económico. El primero es la porción de la producción consumida (y reproducida) continuamente en el proceso económico. A esta categoría pertenecen por ejemplo los salarios de los trabajadores productivos (V), las materias primas, etc. La dinámica de esta porción es básicamente diferente a la de la segunda categoría, la cual incluye toda la producción económica "perdida" ("inaccesible")—por el motivo que sea—para la producción continua. Esta porción incluye todos los gastos inútiles, no productivos (gastos militares, burocráticos, etc.) y la porción de la maquinaria y equipo no consumidos en un período de producción dado (p. ej., la parte no depreciada del capital social bruto).

Al igual que en la termodinámica, el término trabajo representa el intercambio de energía libre que resulta de la productividad y de la tasa de aumento de la fuerza de trabajo. Matemáticamente es igual a  $\alpha$  multiplicada por  $\delta$  multiplicada a su vez por la variación en magnitud de la fuerza de trabajo. Esto es muy semejante al análisis termodinámico de una máquina, en donde el trabajo es el producto de la presión multiplicado por el cambio de volumen del fluido motor de la máquina (el vapor de una máquina de vapor, por ejemplo). En el caso de la econo-

mía, el equivalente de la magnitud del fluido motor o de trabajo es la magnitud de la población empleada productivamente, y la presión que mueve a la fuerza de trabajo es el producto de la productividad y la inversión que se hace en la fuerza de trabajo ( $\alpha$ ). Este primer resultado es bastante razonable, dado que la combinación de la productividad y la inversión continua en los recursos humanos es la que "impulsa" la contribución económica de la fuerza de trabajo productiva.

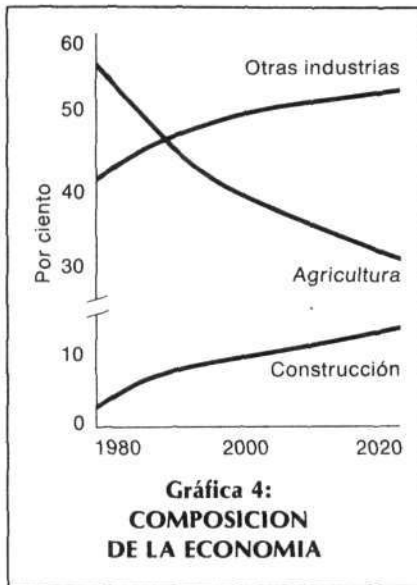
El análogo del calor en la balanza energética es la suma de dos tipos de aportaciones. Primero, todos los gastos indirectos de la economía se pierden para la producción económica ulterior y por lo tanto son parte del calor; esta "energía" no es accesible y constituye una deducción de la energía total. Además, parte de lo que se invierte en maquinaria y equipo también se pierde para la producción ulterior; es necesaria para la producción continua (tal y como lo es parte de los gastos indirectos), pero no contribuye directamente a aumentar el producto (la energía útil). Esta aportación a la energía térmica perdida es inversamente proporcional a la tasa de depreciación. Cuanto más rápido se renueve (o deprecie) el capital, tanto menor será la porción sustraída de la actividad económica y menor la energía térmica perdida. En nuestra analogía termodinámica, ambos términos corresponden a efectos parecidos a la fricción en una máquina. Parte de la energía total se perderá a consecuencia de ciertos efectos inevitables como la fricción. Los gastos indirectos y la maquinaria y equipo pertenecen a esa categoría.

Aquí es donde se puede formular la segunda ley de la termodinámica para la economía. En el caso de una máquina, la segunda ley dice que no se puede transformar la energía con 100% de eficiencia (el coeficiente de energía libre no puede ser igual a 1); parte de la energía se perderá por fricción, etc. En la economía, esta ley establece algo muy simple pero importante: la producción

## LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LA INDIA

Haciendo uso del modelo LaRouche-Riemann, la Fusion Energy Foundation elaboró una estrategia de 40 años para desarrollar a la India. El programa fija una tasa de crecimiento de 11 por ciento para la capacidad industrial y de 8 por ciento para el consumo per cápita. A estas tasas de crecimiento, sobre un período de 40 años, la base industrial aumentará 51 veces, el consumo rural per cápita 26 y el industrial 10 veces. La gráfica 1 muestra los aspectos cuantitativos de este plan de desarrollo ( $P$  se expresa en ejes logarítmicos). La gráfica 2 muestra la relación  $(P'/(C+V))$  que se da en el plan; después de una década, aproximadamente, se presenta una singularidad en el proceso económico. En los primeros diez años, se observa una "reagrupación" de los recursos económicos en tanto que se hacen inversiones de capital substanciales—sobre todo en infraestructura de obras de construcción—lo cual no rinde réditos de inmediato. Estas inversiones aumentan  $V$  y  $C$  pero no resultan en un aumento inmediato de la productividad. Una vez que este desarrollo infraestructural está casi completo, la economía india entra a una fase nueva y cualitativamente diferente que se expresa en un crecimiento sostenido después de 1990 y el aumento acelerado de la relación  $P'/(C + V)$ .

La gráfica 3 muestra el comportamiento demográfico que se dará en este proceso y la 4 muestra los cambios en la composición de la economía.



**Gráfica 4:  
COMPOSICION  
DE LA ECONOMIA**

económica no puede proceder sin gastos indirectos y capital fijo. Se puede minimizar esta porción del producto total, pero nunca será igual a cero. En términos más precisos, la entropía, o el desorden en la economía, es proporcional al inventario acumulado de maquinaria y equipo no depreciado. La economía necesita para su buen funcionamiento que los inventarios se deprecien con la mayor rapidez posible. ¿Cómo se deprecia el capital fijo? Mediante los avances tecnológicos que vuelven obsoletas las viejas inversiones. Esto es algo paradójico desde el punto de vista de una compañía o empresa individual, dado que a primera vista parecería que una compañía individual se beneficiaría si extendiera la vida de su capital tanto como le fuera posible. La obsolescencia no es mala desde el punto de vista contable puesto que representa un ahorro de capital. Sin embargo, la realidad es diferente. Cuanto mayor sea la tasa de depreciación, tanto menor será la entropía del proceso de producción y más eficiente la economía. Las altas tasas de depreciación lo garantizan.

En tercer lugar, el peligro para la economía viene de la discrepancia entre la tasa de depreciación económica (establecida por la ley) y la real (determinada por el progreso de la técnica). Si la tasa de depreciación establecida por la ley es menor que la tasa real por mucho tiempo, la tasa de ganancia disminuirá durante ese período. Pero si se quiere evitar esta caída, el mantener una tasa de ganancia fija o decreciente para el capital nominalmente mayor, generará inflación. En cualquier caso, el conflicto entre la superestructura económica y sus pivotes industriales ocasionará que el coeficiente de energía libre se reduzca a cero o a valores negativos, causando con ello una depresión económica.

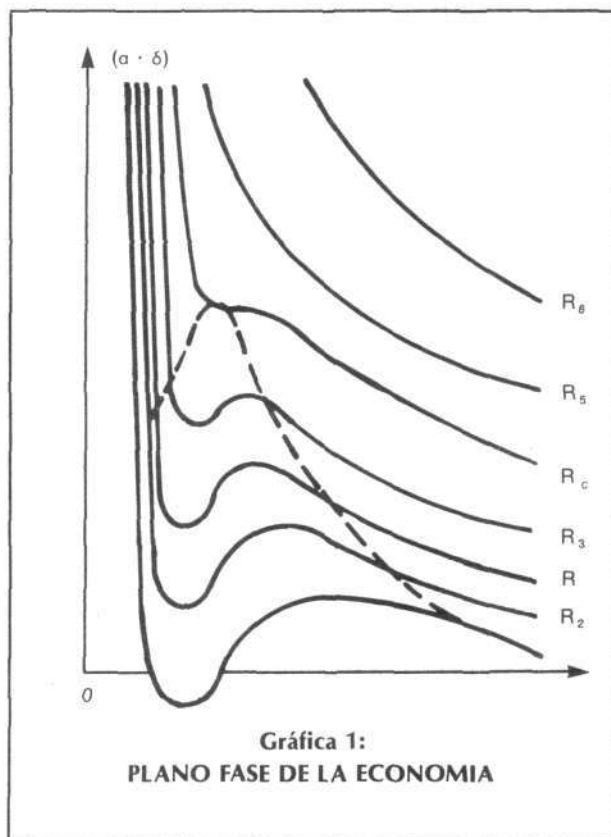
La manera en que ocurren las depresiones—o singularidades—en una economía que acumula obsolescencia se puede ilustrar termodinámicamente mediante un "diagrama fase" que muestre las relaciones entre la "presión"

y el "volumen" de una economía, en función de la "temperatura" (tasa de depreciación). En la figura 7 se ilustra el plano fase correspondiente a una economía que se basa en el uso intensivo de capital, y en el recuadro aparece un tratamiento de su aplicación a la economía norteamericana.

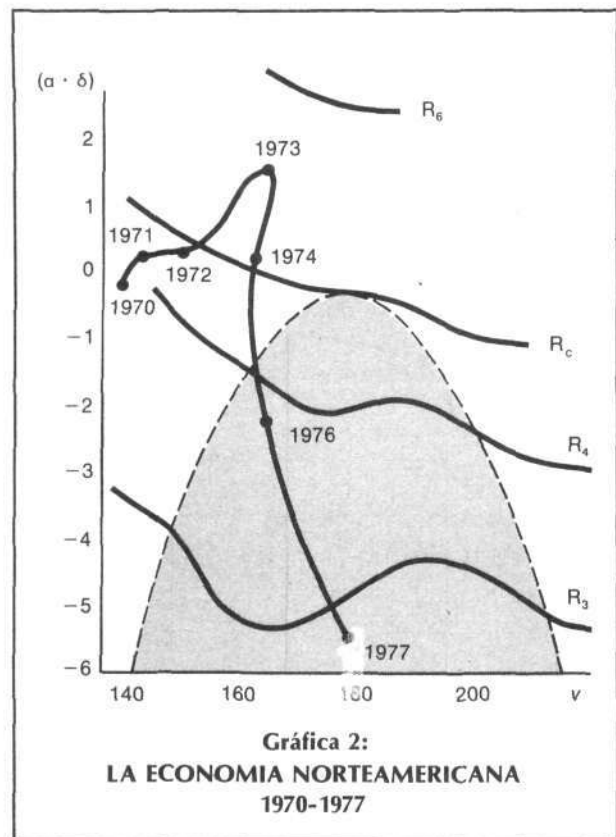
Con estas herramientas podemos ahora responder a la interrogante planteada por la inversión: ¿cuál es la mejor manera de gastar la ganancia disponible? El modelo LaRouche-Riemann prescribe dos pasos. Primero hay que determinar a dónde se quiere llegar. Para una economía en su conjunto, hay que fijar metas antes de tomar una decisión sobre la inversión, ya sea en términos de consumo, de producción o de crecimiento. En el caso de una compañía individual, el plan de la empresa responde a la misma pregunta. Pero el modelo puede decirnos que algunas de las metas son imposibles de alcanzar. Un plan de inversión que especifique un estado final cuyo consumo de energía es menor que el inicial es imposible; primero se llegaría a una singularidad que destruiría a la economía. Un estado final en equilibrio tampoco es accesible por razones similares. A través de un análisis basado en planos fase para ilustrar el estado actual de la economía y la meta que se persigue, se puede obtener un panorama global de las trayectorias entre ambos estados, así como una evaluación de la existencia de dicha meta. El análisis muestra, entre otras cosas, que las metas que plantea el Banco Mundial para el Tercer Mundo—un crecimiento demográfico ínfimo y niveles de consumo un poco superiores para el año 2000—son imposibles. No existe ningún estado económico viable y accesible que genere el plusproducto suficiente para el desarrollo mundial sin acrecentar radicalmente la fuerza de trabajo y el consumo. No existe una vía lenta al desarrollo.

Pero es evidente que no basta con fijar metas. Hay que determinar su viabilidad y, al mismo tiempo, encontrar el





**Gráfica 1:**  
**PLANO FASE DE LA ECONOMIA**



**Gráfica 2:**  
**LA ECONOMIA NORTEAMERICANA**  
**1970-1977**

#### LA ECONOMIA NORTEAMERICANA: 1970-1980

El grotesco comportamiento de la economía norteamericana en los últimos diez años tiene sentido si se analiza termodinámicamente el "cambio de fase" que sufrió en algún momento de 1975. Mediante las ecuaciones diferenciales del modelo LaRouche-Riemann se puede encontrar el equivalente en términos económicos del trabajo útil—la "energía libre"—la eficiencia con respecto al tiempo y un conjunto de "variables de estado" que permiten especificar completamente su "estado termodinámico", es decir su eficiencia actual y su capacidad para producir energía libre en el futuro. Se puede derivar además lo que en la termodinámica se llamaría la "ecuación de estado", a saber, la relación entre las variables que determinan los posibles estados de una economía y las trayectorias que los unen.

En la primera gráfica se observa el plano fase adecuado a una economía capitalista moderna como la norteamericana. Las tres variables de estado relevantes termodinámicamente son  $\alpha \cdot \delta$  (la productividad multiplicada por la inversión en la fuerza de trabajo),  $V$  (el producto tangible total consumido por la fuerza de trabajo productiva) y  $R$ , tasa de depreciación. Se puede demostrar fácilmente que, cuando  $R$  se mantiene constante,  $(\alpha \cdot \delta)$  y  $V$  guardan una relación inversa, generando la hipérbolas que aparecen en la gráfica (cuando la magnitud de  $R$  es suficientemente grande). Pero, si la tasa de depreciación es inferior a  $R$ , las hipérbolas se deforman y se produce un punto de inflexión. El manto que reviste esta deformación (la región sombreada) muestra el origen de una singularidad que separa dos fases diferentes de la economía, como sucede con el agua y el vapor en un diagrama fase de un sistema termodinámico simple como el agua. Cualquier economía que en virtud de los valores de  $(\alpha \cdot \delta)$ ,  $V$  y  $R$  se ubica en la región sombreada se encuentra a punto de sufrir un cambio abrupto y substancial: una depresión. En esa región operan leyes dinámicas diferentes y ecuaciones de estado diferentes.

La segunda gráfica muestra la trayectoria seguida por la economía norteamericana en los últimos diez años. A principios de la década de 1970, en los años en que aún mantenía el ímpetu generado por la inversión de capital inspirada por el programa aeroespacial de la década anterior,  $P'$  fue disminuyendo hasta adquirir un valor inferior a cero, debido a la obsolescencia acelerada en materia de capital fijo y al alza del precio del petróleo de 1974. Es decir, la economía norteamericana ha estado descapitalizada desde 1975; su parte productiva ha venido disminuyendo por cinco años. Lo anterior puso a la economía norteamericana en la trayectoria que se observa en la gráfica 2, en donde la región sombreada corresponde a los estados en los que  $P'$  es negativa (descapitalización neta).

camino más fácil para su consecución. En términos matemáticos, hay que resolver dos problemas relacionados entre sí: ¿existe una trayectoria que nos lleve de donde estamos a donde queremos llegar? (es decir, hay que probar un teorema de existencia); y, ¿cuál es la trayectoria que nos llevará de un punto a otro en el mínimo tiempo? Existe un procedimiento matemático muy útil para solucionar el problema. Se denomina teoría del control óptimo y se ha utilizado en conjunción con el modelo LaRouche-Riemann para calcular la trayectoria más corta y eficiente para el desarrollo de una economía.

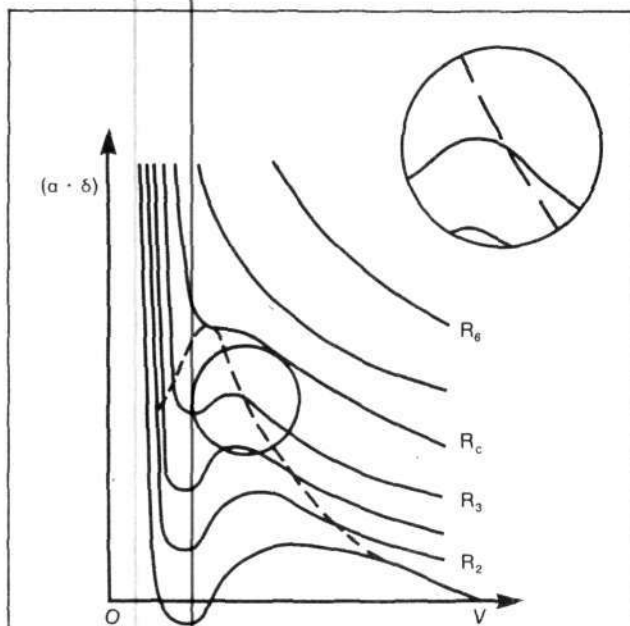
La misma teoría se puede utilizar para formular un resultado general que permita caracterizar dicha trayectoria, o geodésica, en el espacio económico. Queremos encontrar la manera de convertir el criterio global (y no muy útil) de inversión dado por la trayectoria más corta (p.ej. hacerlo lo más rápido posible) en un criterio "particular" que se pueda aplicar a cualquier decisión sobre inversiones. Se necesita una manera de juzgar en forma inmediata si esta inversión en particular es buena sin tener que esperar 20 años para ver si se logró lo que queríamos. La teoría del control óptimo nos permite convertir la especificación global del tiempo mínimo en un criterio de maximización local; maximizar  $P'/(C+V)$  a cada momento. Este resultado es correcto, dado que el coeficiente de energía libre representa la tasa de crecimiento instantánea y dado que es razonable que la trayectoria más corta (con respecto al tiempo) sea la que maximiza la tasa de crecimiento a cada instante. En términos prácticos, eso significa que una buena norma de inversiones debe poner en efecto las prácticas que implican una visión causativa de la economía:

- maximizar la productividad mediante la aplicación de innovaciones tecnológicas basadas en el uso intensivo de energía y capital.
- maximizar la tasa de renovación del capital, alentando la depreciación acelerada (en términos termodinámicos, hacer funcionar la economía a altas temperaturas).
- acelerar constantemente el descubrimiento científico en cuanto medio y fin de la existencia verdaderamente humana.

Eso es el progreso.

#### Notas

1. Lyndon H. LaRouche, *Dialectical Economics*, D.C. Heath, Boston, Mass., 1975. *The Theory of the European Monetary System*, Campaigner Publications, New York, 1978.
2. Bernhard Riemann, "On the Propagation of Plane Air Waves of Finite Amplitude", *International Journal of Fusion Energy*, 2, no. 3, p. 1 (1980). Felix Klein, *Riemann's Theory of Algebraic Functions*, Dover, New York, 1963.
3. Para mayores detalles, consúltese el artículo de Morris Levit titulado "Linearity and Entropy: Ludwig Boltzmann and the Second Law of Thermodynamics"; *Fusion Energy Foundation Newsletter*, Vol. 2, no. 3 (1976). Desde el punto de vista contrario, véase *The Economic Process and the Entropy Law* de N. Georgescu-Roegan, Harvard University Press, 1960.
4. Para mayores detalles, consulte el artículo "The Thermodynamics of the U.S. Economy," *Executive Intelligence Review*, 6 de mayo, 1980.



**FIGURA 7**  
**DIAGRAMA FASE DE UNA ECONOMIA**

Con base en los mismos supuestos que fundamentan la termodinámica clásica se puede demostrar que el diagrama fase de una economía basada en el uso intensivo de capital, es similar al de un gas real, sustituyendo la presión por  $\alpha \cdot \delta$  (ver texto) y el volumen por  $V$  (capital variable). La tasa de depreciación corresponde a la temperatura. En consecuencia, las hipérbolas correspondientes a  $R_6$  expresan el hecho de que sobre la base de una tasa de depreciación dada (inversión de capital y su composición), la magnitud de la fuerza de trabajo y la productividad requerida para mantener esa depreciación guardan una relación inversa. Además, al igual que en el caso de un gas, la disminución de la tasa de depreciación corresponde al enfriamiento de la economía, proceso que se puede desarrollar solamente durante un espacio de tiempo finito antes de que se produzca un cambio de fase, lo cual corresponde a una depresión en la economía.

El detalle de la derecha muestra la dinámica de este cambio de fase. Se sabe que algunos gases tienen la propiedad de que se pueden subenfriar más allá del punto de condensación previsto en el diagrama de fase de la figura 3. En ese caso cambia el signo de la pendiente de la isoterma (la trayectoria seguida a temperatura constante). Esta propiedad caracteriza la situación actual de la economía norteamericana en la que aún no se da un cambio de fase pero la dinámica de la economía sigue un comportamiento contrario a lo normal. Los métodos ordinarios para combatir la inflación, por ejemplo, no solamente no dan resultados sino que agravan el problema, precisamente debido a la inflexión que se observa en el diagrama.

# El Club de Roma, vástago de la OTAN

Mark Burdman

*La doctrina de "los límites del crecimiento" que divulga el Club de Roma no es más que una puesta al día de la desacreditada tesis maltusiana de que la población humana se reproduce más rápidamente que los recursos. En las próximas páginas, relataremos cómo el alto mando de la OTAN creó al Club de Roma para que propalara esa doctrina y tratara de convencer al mundo de que la ciencia y la técnica no pueden borrar esos "límites".*

**S**i usted cree que hay que limitar los nacimientos porque "los recursos terrestres son limitados" o que el movimiento ambientalista antinuclear y la proliferación de las drogas son "simples reacciones sociológicas de la juventud ante los excesos de la ciencia y la técnica", usted ha sido víctima de la propaganda divulgada por el Club de Roma.

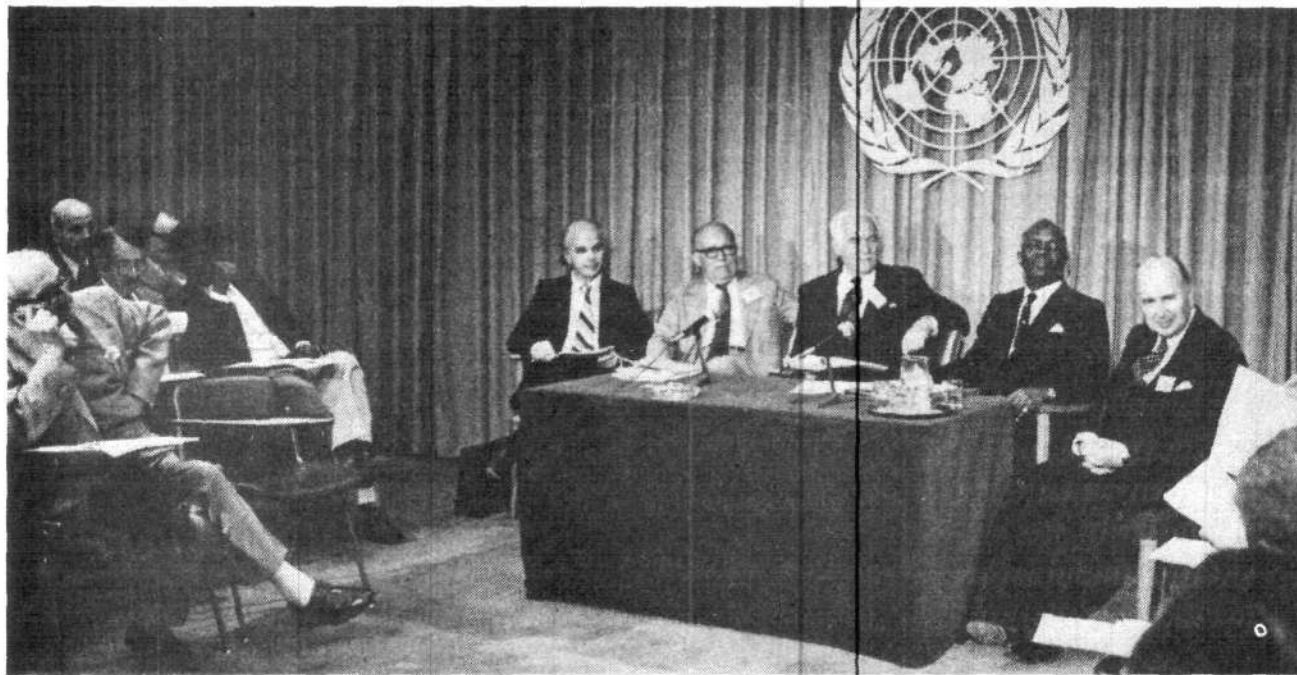
En las páginas siguientes demostraremos que los miembros de esta organización nada tienen de "filántropos", ni de "estudiosos desinteresados de los graves problemas del mundo". El Club de Roma fue creado por el alto mando oligárquico que rige a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) con el objetivo del difundir la ideología del "cero crecimiento" y para detener el avance de la ciencia.

No es esta la primera vez que una oligarquía amenazada, como es la oligarquía angloamericana y europea, recurre a la "guerra psicológica" que por lo común se da en forma de propaganda masiva. El predecesor más importante del Club de Roma es Thomas P. Malthus, empleado de la Compañía de las Indias Orientales británica de principios del siglo XVIII. La doctrina de "los límites del crecimiento" que promueve el Club de Roma no es más que una puesta al día de la desacreditada tesis maltusiana de que la población humana se reproduce más rápidamente que los recursos naturales.

En las siguientes páginas documentaremos cómo el blanco de ataques del Club de Roma no se limita a los países del mundo subdesarrollado sino que se extiende a los países miembros de la misma OTAN y a los países socialistas. Los selectos socios del Club de Roma se sitúan por encima de las divisiones comunes de "socialismo" y "capitalismo". Son simplemente partidarios de todo sistema que limite el progreso de la ciencia y la tecnología al provecho de un grupo reducido de oligarcas.

El ideal oligárquico de mantener a poblaciones enteras en el barbarismo oscurantista para así controlarlas más efectivamente tuvo su máxima expresión en el régimen genocida de Pol Pot que redujo la población camboyana de 6 a 3 millones en unos cuantos años. El desmantelamiento de ciudades, las masacres despiadadas, la quema de libros y la persecución de todo ciudadano que hubiera cometido el "crimen" de haber aprendido a leer y escribir, en fin toda la labor genocida del gobierno de Pol Pot, no fué más que una aplicación





Naciones Unidas

Ervin Laszlo, de UNITAR (izq.), y Aurelio Peccei, presidente del Club de Roma (centro), en conferencia de prensa en la sede de las Naciones Unidas.

estricta del "maoísmo" que tanto elogia la oligarquía angloamericana. El objetivo de la oligarquía es la destrucción de toda forma de gobierno republicano ya que éste se sustenta en la promoción del alza de los niveles de vida del ciudadano y en la generalización de los beneficios derivados del avance científico y el progreso, los cuales por sí mismos ponen en peligro la existencia de una élite parasitaria y privilegiada.

La historia empieza a mediados de los años sesenta. En 1966, la revista *Human Relations* del Instituto Tavistock, la principal concentración de expertos en guerra psicológica al servicio de la oligarquía británica, dedicó un artículo a los efectos que el programa espacial norteamericano estaba teniendo en la población estadounidense. El programa, decía Tavistock, estaba produciendo indirectamente un número asombroso de ingenieros y doctores en ciencias físicas. Los niños y jóvenes de los años sesenta no aspiraban a ser estrellas de rock and roll sino astronautas o grandes científicos. Tavistock estaba escandalizado.

Pero el entusiasmo protecnológico del pueblo estadounidense no era el único dolor de cabeza de la OTAN y su aliado Tavistock. La URSS también representaba un problema. Según consta en los documentos oficiales del Partido Comunista Soviético, en noviembre de ese mismo año de 1966, los dirigentes soviéticos decidieron orientar los recursos de su país a la consecución de una "revolución científica y tecnológica". Para lograrla, trazaron un ambicioso programa pedagógico en el área de las ciencias y las matemáticas.

Tan pronto entregó Tavistock los resultados de sus estudios del programa espacial, la OTAN inició una movilización de emergencia. En mayo de 1967, el alto mando de la OTAN se dió cita en una conferencia auspiciada por

el Comité Científico y Tecnológico de la Asamblea del Atlántico del Norte y el Instituto de Investigaciones de Política Exterior que encabeza el embajador estadounidense ante la OTAN, Robert Strausz-Hupe. La reunión tomó lugar en Deauville, Francia, y en ella se destacaron por su participación el Dr. Zbigniew Brzezinski, entonces miembro del Consejo de Estudios Políticos del departamento de Estado, y el Dr. Aurelio Peccei, en ese entonces presidente de uno de los principales centros de investigación de la OTAN, el Comité Económico del Instituto Atlántico con sede en París.

En esa conferencia se decidió ponerle fin al impulso generalizado hacia la ciencia y la técnica presente tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética. De allí salieron dos libros: *La era tecnocrática* de Brzezinski y *Ante el Abismo* (*The Chasm Ahead*) de Peccei. El Club de Roma se fundó poco después a partir de las ideas expuestas en estos dos libros.

Peccei recibió allí instrucciones para formar lo más pronto posible ese Club de Roma Internacional cuya labor principal sería convencer a las poblaciones y gobiernos del mundo de que los recursos son "limitados". Peccei de inmediato se reunió con varios funcionarios de la OTAN o cercanos a ella para consultarlos. Uno de ellos fue McGeorge Bundy, director del Consejo de Seguridad Nacional norteamericano durante la crisis cubana de los misiles; otro fue el Dr. Alexander King, jefe del departamento científico de la OTAN y director general de asuntos científicos de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico; otro fue el Dr. Homer Perlmutter, director de la revista *Human Relations* del Instituto Tavistock. Peccei se reunió también con funcionarios de la Casa Blanca y el Consejo de Estudios Políticos del departamento

de Estado. Por último, Peccei visitó la sede del Instituto Tavistock en Sussex, Inglaterra, en donde se le dieron los últimos toques al proyecto: Peccei y King fundarían el Club de Roma y Tavistock se encargaría de evaluar y supervisar sus avances.

Para afinar todavía más detalles, en mayo de 1968 Peccei actuó como coordinador de una última reunión preparatoria en Roma. El Instituto Atlántico y el Comité para la Cooperación Económica Atlántica fueron los patrocinadores y se dieron cita en ella 70 altos ejecutivos del complejo mundial de compañías multinacionales de la oligarquía angloamericana, el verdadero centro de mando de la OTAN: la Xerox, la IBM, Standard Telephone and Cables, la AT&T, Prudential Insurance, la ITT, NBC y muchas otras.

A fines de 1968 estos intereses se dieron cita de nuevo para fundar oficialmente el Club de Roma. Aparte de Peccei y King, quedaron oficialmente como fundadores Hugo Thiemann, asesor de la empresa suiza Nestlé; Max Kohnstamm, experto holandés en asuntos internacionales; Dennis Gabor, físico británico ganador del premio Nobel; y Jean Saint-Goeurs, miembro del grupo francés de los "futuribles" que encabezaba el tutor de Peccei, Bertrand de Jouvenel. Aparte de estos individuos, componen el consejo directivo del Club de Roma:

Frits Bottcher, asesor científico del gobierno holandés; Saburo Okita, ministro del exterior durante el gobierno del desaparecido premier japonés Ohira, puesto desde el cual trató de alinear a Japón con la OTAN; Víctor Urquidi, director del Colegio de México y pionero del "control poblacional" en su país; y Eduard Pestel, ministro de ciencia y cultura de Baja Sajonia, Alemania Federal.

#### El linaje de Aurelio Peccei

En 1977, Aurelio Peccei explicaba así por qué había patrocinado esa biblia del maltusianismo, *Los límites del crecimiento*, escrita por los también miembros del Club de Roma, Dennis Meadows y Jay Forrester:

Nuestro objetivo seguía siendo montar una estructura de mando con miras a abrir una brecha en la ciudadela de la autocomplacencia en la cual se había atrincherado la sociedad... Fue en parte gracias al impacto de este informe que el crecimiento económico empezó a desinflarse como globo roto.

No es gratuito que Aurelio Peccei defina sus objetivos en términos militares. Peccei, ejecutivo de la compañía italiana Fiat, ha trabajado para el alto mando de la OTAN

desde hace más de quince años. El oligarca italiano fue discípulo del futurista más destacado de Europa, Bertrand de Jouvenel, discípulo a su vez de H.G. Wells. El escritor británico de principios de siglo, Wells, creía como buen oligarca que la ciencia debía ser patrimonio de una élite selecta y no objeto de interés de las masas populares. Wells previó que la era de los medios masivos de comunicación ofrecía una oportunidad sin paralelo para controlar poblaciones enteras. Entre los tantos instrumentos de control mental que propuso se cuentan el uso de las drogas a gran escala (*The Island of Dr. Moreau*).

En la década de los treinta y de los cuarenta, De Jouvenel, el discípulo de Wells y mentor de Peccei, cobró fama como uno de los más fervientes partidarios de Hitler en Francia. Después de una visita a la Alemania nazi, De Jouvenel declaró que "el mundo intelectual alemán constituye... un orden que trabaja para aumentar la gloria de la patria".

La influencia de De Jouvenel se hizo patente en una serie de estudios "futuristas" sobre el año 2000 realizados en 1966 y 1967. El mejor ejemplo de esto es *La era tecnocrática* de Zbigniew Brzezinski, miembro del grupo que el gobierno estadounidense comisionó para participar en las deliberaciones sobre el año 2000. En esa obra, Brzezinski afirma que los Estados Unidos adquieren una

modalidad cada vez más diferente a su predecesora industrial para convertirse en una "sociedad tecnocrática" que fácilmente puede pasar a ser una "dictadura tecnocrática". La cibernética y la "revolución de la técnica de la información" caracterizarán a esta sociedad. En la era tecnocrática, decía Brzezinski, "tal vez se hagan necesarias nuevas formas de control social para limitar el ejercicio indiscriminado de estos nuevos poderes por parte del individuo... la posibilidad de imponer un amplio control de la mente por medios químicos... requerirá determinar criterios generales para su utilización o prohibición en el ámbito social".

Brzezinski pregonó que Europa y los Estados Unidos ya no vivían en la misma era histórica: "lo que hace a los Estados Unidos único en su género es que es la primera sociedad que ha experimentado el futuro... ya sea con el arte pop o con el LSD". La única entidad que podría regir este futuro espantoso de drogas y manipulación mental, según Brzezinski, sería una "élite intelectual universal", algo así como el Club de Roma que Peccei formaría poco después. Esta élite crearía un concepto de "regionalismo con la debida consideración al significado simbólico de la soberanía nacional".

En su obra *The Chasm Ahead*, Peccei paga tributo a la



Aurelio Peccei

previsión futurista de Brzezinski. Con acento brzezinskiano, Peccei afirma que los Estados Unidos están entrando a la "era de la IBM", en tanto que Europa está todavía en la "era de la General Motors". Esto interpone una "brecha tecnológica" entre los dos, la cual amenaza con partir por la mitad a la Alianza Atlántica y con provocar el caos en el mundo ya que la Alianza es la única que puede regirlo.

El Club de Roma propiamente dicho se formó de 1968 a 1972 a partir del grupo original de Peccei. A medida que fue creciendo, el Club de Roma atrajo a una serie de futuristas, planificadores y pseudocientíficos de una docena de países, entre ellos Francia, Suecia, Japón, Polonia, Rumania, México, Brasil, Nigeria, Etiopía, Australia y Egipto.

Partiendo de esta concepción bestial del hombre, Peccei procedió a la realización del primer gran proyecto del Club de Roma. Haciendo uso de sus relaciones con el círculo de investigadores de los "análisis de sistemas", Peccei se puso en contacto con el grupo que promovía el modelo de planeación de la "dinámica mundial" que encabezaban Jay Forrester y Dennis Meadows del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT). La Fundación Volkswagen dio los fondos para financiar el estudio que sus autores titularon *Los límites del crecimiento*. Esta fundación es parte del gobierno alemán, en ese entonces encabezado por Willy Brandt, dirigente de la Segunda Internacional y de la Comisión Brandt, hermana del Club de Roma.

El estudio pretendía demostrar que los sistemas amplios y complejos no se pueden sustentar y sugería dividir a la economía mundial en estructuras de menor escala. Para demostrar esto, el estudio subestimó en forma exagerada la disponibilidad de los recursos en el planeta.

### La negación del progreso

El estudio descartó por completo la realidad de que lo que hoy no es un recurso lo puede ser en una sociedad futura que haya desarrollado tecnologías más complejas. ¿Acaso el petróleo era un "recurso" en el siglo XVIII?

En la sociedad del año 2000, la cual contará con tecnologías avanzadas como la antorcha de fusión, con una milla cúbica de roca común podremos producir todo el aluminio que el mundo requiere en la actualidad. La abundancia de recursos que ofrece una economía basada en la energía de fusión termonuclear, echa por tierra los argumentos del Club de Roma. No es de sorprender por lo tanto que sus "expertos" en materia de energía se opongan a la energía nuclear por razones políticas aunque no científicas.

En su libro *The Human Quality*, Peccei dice: "Al juzgar

la solución nuclear, yo soy mucho más pesimista y radical que mis amigos científicos... No estoy en posición de juzgar o siquiera conjeturar sobre la posibilidad de que ésta pueda ser (una fuente) limpia, segura y confiable para la sociedad humana, como lo afirman muchos científicos serios y casi todos los industriales y los políticos... Los verdaderos problemas no son de tipo técnico o económicos sino políticos, sociales y culturales...". En cuanto a la energía termonuclear, Peccei simplemente dice que "hay muy pocas probabilidades de que la energía llegue a ser abundante (y) barata".

Una vez que ya por descartados los descubrimientos científicos y el desarrollo de nuevas tecnologías, *Los límites del crecimiento* propone que centros mundiales de planeación como el Club de Roma y otros organismos cercanos a la OTAN tomen control de la distribución de los "recursos limitados".

De 1972 a 1974 la influencia del Club de Roma en varios gobiernos aumentó de forma impresionante. No obstante, el mundo no quedó convencido con la sospechosa teoría de los "límites del crecimiento" y el Club de Roma trató de presentar la misma teoría pero con otra vestidura. El nuevo estudio del Club *Mankind at the Turning Point* de Mihajlo Mesarovic y Eduard Pestel declaró sus intenciones de planificar ya no



H. G. Wells

el "cero crecimiento" sino el "crecimiento orgánico". "El mundo tiene cáncer", fue el diagnóstico de este nuevo estudio, y "el cáncer es el hombre".

El estudio dio al Club de Roma entrada a varios países del Tercer Mundo. Los ministerios de planeación de Irán, Egipto y Venezuela lo tomaron como modelo para hacer sus pronósticos económicos. México y Argelia se ofrecieron para ser sede de reuniones del Club.

En 1976, se celebró en Argelia la conferencia RIO (Reshaping the International Order) de la cual nació el libro del mismo nombre. La conferencia de RIO tuvo el objetivo específico de ganarse la confianza de los gobiernos del Tercer Mundo y para esto les ofreció una nueva estrategia: la "distribución" de la riqueza mundial. La nueva oferta del Club de Roma pretendía contrarrestar la influencia de la estrategia "Norte-Sur" propuesta por el economista estadounidense Lyndon H. LaRouche que esencialmente consistía en aumentar las tasas de crecimiento del sector industrializado para abastecer al Tercer Mundo de los bienes industriales que su industrialización requeriría de entonces al año 2000. (Para más información sobre las contribuciones de LaRouche a la teoría económica vea el artículo sobre el modelo econométrico LaRouche-Riemann en esta edición).





Guy Delort-WWD

Zbigniew Brzezinski se divierte durante una fiesta ofrecida para celebrar la obra de teatro "tecnológica" Hair.

No acababa aún la conferencia RIO cuando el Club de Roma ya había puesto en marcha su próximo gran proyecto: el libro "Los fines de la humanidad" que escribiera Ervin Laszlo, miembro del Club y director del Proyecto del Instituto de las Naciones Unidas para la Formación y la Investigación (UNITAR) sobre el nuevo orden económico internacional. El libro salió al público en 1977 y en él Laszlo atacaba frontalmente el desarrollo industrial y la civilización urbana.

El Club se sentía confiado de haber convencido al Tercer Mundo de que los "recursos son limitados". La conferencia RIO y la obra de Laszlo le dieron a Peccei y sus colegas el medio para alentar al Tercer Mundo a "decidir democráticamente" qué poblaciones habían de ser eliminadas sin necesidad de que la OTAN interviniera directamente para lograr ese fin. Como dijera Peccei:

La perspectiva de que se haga necesario recurrir a la *tría*—decidir quién se habrá de salvar en caso de que no todos puedan salvarse— es, no cabe duda, muy desagradable. No obstante, si esto llegara a ocurrir por desgracia, no puede dársele este derecho a unas cuantas naciones, ya que les daría un poder portentoso sobre la vida de los hambrientos del mundo.

Peccei se podía dar el lujo de hacer proposiciones genocidas al mundo entero. Sólo un vasto programa de promoción científica y de educación sobre los principios que sustentan los avances científicos y tecnológicos puede revertir la campaña "cerocrecimentista" del Club de Roma. Para esto la ciencia tiene que abandonar su posición defensiva y tomar partido abiertamente con las fuerzas que pugnan por el desarrollo.

## El Club de Roma y la OTAN

La influencia de la OTAN en el Club de Roma se hace más evidente al examinar la lista de miembros de la Asociación Estadounidense del Club de Roma, organización afiliada al Club y fundada en 1976. Entre sus miembros se cuentan:

- **Harlan Cleveland**, embajador de los Estados Unidos ante la OTAN en la década de los sesenta; vicepresidente del Consejo Atlántico (grupo de investigación estadounidense afiliado a la OTAN).
- **George McGhee**, también ex em-

bajador ante la OTAN; ex subsecretario de Estado para asuntos político-militares; miembro del consejo directivo del Consejo Atlántico.

- **William Watts**, miembro del consejo directivo del Consejo Atlántico; director de Potomac Associates, el grupo de investigadores que obtuvo los derechos para distribuir *Los límites del crecimiento*.

- **Claiborne Pell**, senador demócrata de Rhode Island; ex representante parlamentario de su país ante el Consejo Atlántico. Pell ha propuesto varios proyectos de ley dirigidos a imponer un "orden mundial ambientalista".

- **Walter J. Levy**, miembro del consejo directivo del Consejo Atlántico; especialista del Consejo de Relaciones Exteriores de Nueva York en asuntos petroleros. Levy elabora

ahora el programa de energéticos de la Comisión Brandt.

- **Joseph Slater**, ex miembro de la delegación estadounidense ante la OTAN; director del Instituto Aspen de Aspen, Colorado.

- **Sol Linowitz**, no es miembro de la Asociación Estadounidense del Club de Roma sino del Club de Roma Internacional. En la actualidad se desempeña como el enviado especial de la Casa Blanca al Medio Oriente, uno de los puestos más destacados de la diplomacia norteamericana. Al Sr. Linowitz se le conoce como el arquitecto de los tratados de Campo David y fue el negociador de los tratados del Canal de Panamá por parte del gobierno norteamericano en 1978. Es miembro ejecutivo de la compañía Xerox.



# Qué se puede hacer con el clima

NASA

Huracán sobre el pacífico visto desde un satélite.

## Los sistemas climáticos

Lyndon H. LaRouche

**E**l clima no determina las condiciones para la vida. La vida es lo que ha creado y mantiene a los sistemas climáticos. En otras palabras, el clima no es algo que pertenece al campo de la física inorgánica; es un producto derivado de un proceso viviente altamente organizado.

Además de los movimientos de Coriolis y otros factores normalmente observados por los meteorólogos, la formación y el sustento de un sistema estable de alta presión están determinados por las columnas de humedad que produce al respirar la vida vegetal. Aunque estas columnas forman solo una pequeña porción de la energía global de un sistema climático, de todas maneras afectan las llamadas configuraciones atmosféricas de onda larga. Por tanto, en conformidad con el principio geométrico de acción mínima, las columnas de humedad producidas por la vida vegetal fijan en su lugar a los grandes sistemas

*Pasa a la página 62*

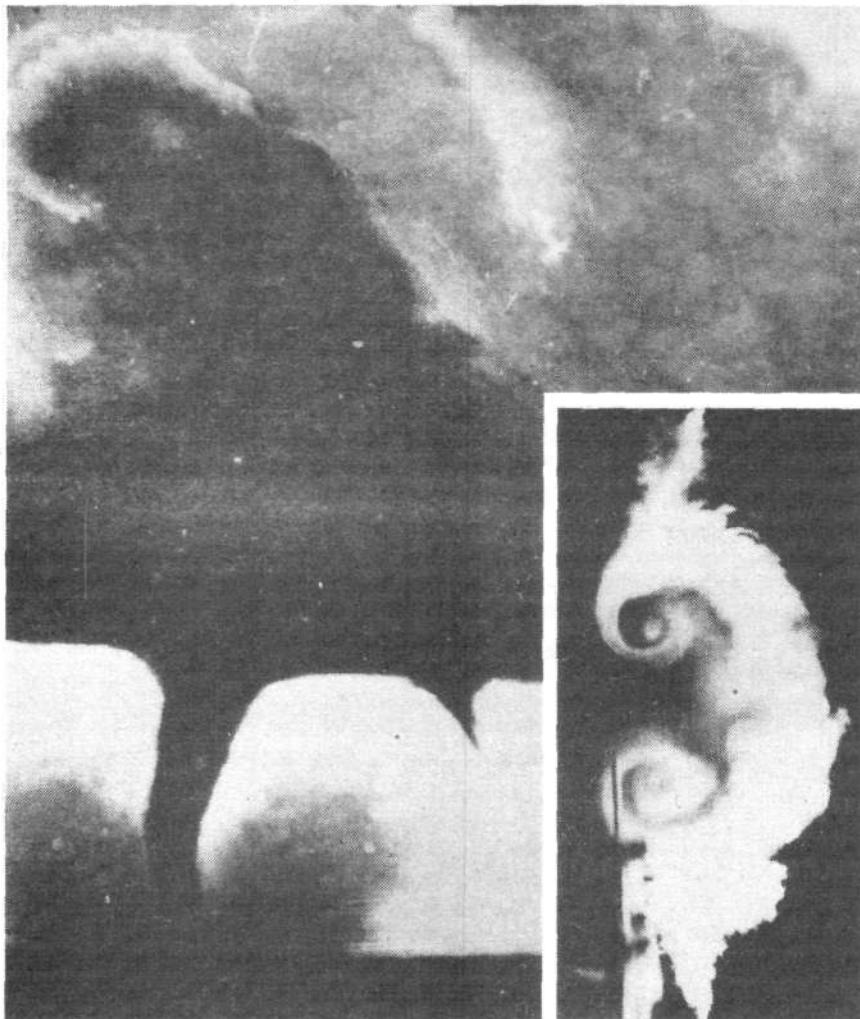
## La física de plasmas

Steven Bardwell

**C**omo resultado de la investigación en materia de la física de plasmas, se ha encontrado en fechas recientes una semejanza extraordinaria e inesperada entre la dinámica de los plasmas de alta energía y el comportamiento del clima de nuestro planeta. Muchos científicos habían contemplado antes esa posibilidad. Ambos sistemas se caracterizan por interacciones no lineales que debido a factores dinámicos y cinemáticos dan lugar a estructuras ordenadas durante los periodos más largos que dominan su evolución.

A. Hasegawa y sus colaboradores<sup>1</sup> han demostrado que las características matemáticas y físicas de la turbulencia más importante que se observa en los plasmas magnetizados de interés para la fusión nuclear (turbulencia debida a la dispersión ondular) y el comportamiento ondulatorio dominante de los grandes movimientos

*Pasa a la página 62*



Nótese la semejanza entre el huracán observado en Dakota del sur en 1884 y el remolino de plasma creado en el laboratorio (inserción).

USDA/NASA

## Los sistemas climáticos

*Viene de la página 61*

climáticos. Debido al mismo principio, cualquier variación substancial de la forma en que asciende esta humedad alterará la situación del clima.

Por esa razón, y debido a la sustitución de los combustibles fósiles por la biomasa en Brasil, el sistema de alta presión del Amazonas se ha desplazado hacia el Atlántico, lo que ha alterado la distribución de las precipitaciones en ese país y en toda la región del Caribe con resultados catastróficos. Dicho desplazamiento ha producido también, a manera de carambola, un desajuste climático general a escala mundial.

Cabe citar aquí dos ejemplos más de lo mismo: el proceso de lateralización que se observa en la región del Sahel en África, y el aumento de la temperatura promedio en grandes regiones de la India en los últimos años.

Presionados por banqueros de la misma mentalidad que los banqueros que le dictaron a Brasil la política de sustituir recursos fósiles por biomasa, los países africanos agobiados por el endeudamiento buscaron aumentar sus ingresos fiscales dando impulso a las formas más primitivas de la agricultura basada en el uso intensivo de la mano de obra y a las tribus de pastores. En consecuencia, se han agotado rápidamente los suelos de-

## La física de plasmas

*Viene de la página 61*

atmosféricos (ondas planetarias o de Rossby) verifican la misma ecuación y observan tendencias similares—hacia la formación de grandes vórtices—al “romper” las ondas.

Hasegawa ha demostrado que en ambos casos la dinámica de los sistemas está gobernada por las propiedades de dispersión de las respectivas ondas; esto es, la manera en que varía la longitud de onda en relación con la frecuencia. En ambos casos las ondas observan una relación de dispersión tal que indica que es favorable en términos energéticos a que un

conjunto de ondas tienda a concentrarse al aumentar su longitud. Esta “cascada invertida” es lo contrario de la tendencia normal de una turbulencia a transferir energías a escalas menores, con lo que por lo general se genera un movimiento cada vez más desordenado.

Hasegawa encontró que, globalmente, tanto en los plasmas como en el clima, la longitud de las ondas tiende a aumentar. En el caso de los fenómenos atmosféricos, ello produce un “movimiento geostrofico vortiginoso”, es decir, la formación de grandes vórtices atmosféricos—de miles de kilómetros de diámetro—de larga duración. Con respecto a los

plasmas, la evolución hacia longitudes de onda mayores conduce a la formación de celdas de circulación, a la aparición espontánea de campos magnéticos y de estructuras en forma de filamento.

Hasegawa señala que en el caso de los plasmas generados mediante rayos láser, estos filamentos en forma de espiral se forman a través de un proceso muy parecido a la inestabilidad baroclínica de la atmósfera que produce vórtices más intensos, si bien a menor escala, como los huracanes.

### El modelo climatológico de la FEF

Los investigadores de la Fusion Energy Foundation han elaborado un modelo computerizado de la diná-



bido a las técnicas de cultivo primitivas que dejan de lado por completo los beneficios compensatorios que traen consigo la irrigación y los fertilizantes. La banda de matorrales del Sahel contigua al desierto del Sahara ha sido sobreutilizada como apacentadero.

Con la reducción de la biomasa en estas regiones se ha reducido la humedad en forma de vapor producida por las plantas. Ha cambiado el clima en gran parte del Sahel, lo cual ha dado lugar a un proceso de lateralización autoagravante.

En la India, la causa directa del aumento opresivo de la temperatura promedio ha sido la deforestación a gran escala causada principalmente por la utilización de biomasa en vez de energía hidroeléctrica, recursos fósiles y energía atómica.

La transformación de la energía solar en el vapor y la biomasa organizados de los bosques y de la agricultura (principalmente): eso es lo que regula la distribución de la precipitación y el clima en general.

Para que el control del clima a nivel mundial y a nivel regional responda a las necesidades climáticas y alimenticias debe apoyarse en el mejoramiento de la intensidad energética de la agricultura en grandes extensiones de terrenos; en la reforestación de grandes regiones y la generación de biomasa de alta intensidad energética a lo largo de las costas como parte de

la racionalización de la industria pesquera, dejando a un lado cada vez más la pesca en alta mar en favor de la acuicultura.

Por ejemplo, se puede recuperar la región del Sahel y convertir al Sahara mismo en habitat productivo mediante los sistemas de riego, los fertilizantes de alto rendimiento y grandes modificaciones materiales de los recursos hidráulicos y de la distribución de la tierra. Una vez que mediante estos métodos "artificiales" se haya incrementado significativamente el vapor producido por la biomasa, las nuevas columnas de humedad propiciarán la formación y ubicación de zonas climáticas.

En general, la eficiencia de este proceso está limitada por la densidad del flujo energético específico (de las plantas individuales) y el flujo global de la biomasa (por hectárea). Cuanto más energía se deposita en el suelo, en la forma de fertilizantes por ejemplo, y mientras mejor se manejen los aditivos para acrecentar la cantidad de biomasa por planta, tanto mayores serán los efectos benéficos deseados. Estos son: un mayor porcentaje de energía solar transformada en biomasa y el fortalecimiento de la producción de la humedad que sustenta sistemas climáticos grandes y subsidiarios.

La respuesta a estas necesidades no se encuentra en la lunática doctrina de conservar regiones inhabitadas y

abandonadas a su estado natural. Los Estados Unidos, en particular, necesitan aumentar la cantidad de bosques de usos múltiples en su territorio. Estos bosques se deben desarrollar a base de las técnicas biológicas más modernas, debido a su eficiencia en la conversión de energía solar a biomasa útil. Proporcionan además madera y zonas de recreo, mantienen los recursos hidráulicos y ayudan a estabilizar el clima.

El control del clima debe formar parte del constante mejoramiento cualitativo y la administración de los recursos hidráulicos, con miras a conquistar y aprovechar las regiones áridas o desérticas, apoyado en un programa coordinado para acrecentar la biomasa útil, con acento en los modelos de alta densidad de flujo energético de la producción de alimentos mediante los últimos adelantos de la técnica.

Lo anterior debe ir acompañado de programas de investigación biológica técnica y científica mucho más extensos que los actuales. Hay que romper definitivamente los confines reduccionistas de la simple genética y concentrar la atención en la función reguladora de los ribosomas y los procesos biológicos con respecto a la actividad de las "plantas químicas" productoras de ADN.

*Extractos tomados de New Solidarity, 1 de agosto de 1980.*

mica del clima mundial, basado en un análisis similar, aunque independiente, del movimiento geostrofico vortiginoso. Un estudio preliminar indica que la destrucción del bosque tropical amazónico en Brasil (a causa de la aplicación de las llamadas 'técnicas adecuadas') ha causado el desplazamiento hacia el Atlántico del sistema de alta presión del Amazonas, lo que ha repercutido negativamente en la distribución climática mundial.

La dinámica de los plasmas y la climática normalmente se consideran dos campos tan diferentes—dada la enorme diferencia que media entre los períodos de duración de sus respectivos fenómenos (meses en el caso

del clima; fracciones de segundo en el caso de un plasma) y su extensión (kilómetros y centímetros respectivamente) y su densidad energética (diferencia del orden de millones)—que es en verdad extraordinario que compartan características físicas fundamentales.

La comprensión y el dominio de ambos es una necesidad social urgente, toda vez que la energía y el clima determinan más que cualquier otro factor físico la vida o muerte de los seres humanos. En especial en las regiones afectadas por sequía, en las que la insuficiente aplicación de energía en la agricultura produce condiciones desérticas. Esto debilita

considerablemente el movimiento geostrofico vortiginoso cuya fuente energética es la humedad. A su vez esto agudiza la sequía y las repercusiones mutuamente agravantes entre la energía y el clima no podían ser más obvias.

Un programa extenso de investigación técnico-científica en materia de fusión nuclear ayudaría considerablemente a resolver los problemas energéticos del mundo y controlar su clima.

#### Nota

1. A. Hasegawa, M.Y. Yu, P. Skukle y K. Spatschek, *Phys. Rev. Lett.* 41, 1656 (1978); A. Hasegawa y C. MacLennan, *Phys. Fluids* 22, 2122 (1978).

# Los MIRV y la bomba neutrónica

Friedwardt Winterberg

Hace algún tiempo escribí sobre el principio en que descansa el encendido de un artefacto explosivo termonuclear accionado por una reacción de fisión nuclear<sup>1</sup>. El artículo no tenía el propósito de ser sensacionalista, sino, al contrario, el de ayudar a desmistificar el supuesto secreto que rodea a la bomba de hidrógeno, poniéndola como un ejemplo ordinario de un libro de texto de física.

Los secretos en este campo existen solo para el lego, no para el científico profesional. Generalmente, un gobierno impone tales reservas para generar un falso sentido de seguridad. Yo nunca he sido expuesto a ningún 'secreto científico', y niego cualquier afirmación de que existen tales secretos conocidos solo por algunas personas selectas. El público en general debe conocer los principios básicos sobre los cuales descansan estos conceptos, pues sin ello es imposible llevar a cabo un debate racional sobre el desarme.

Hay dos conceptos que están en el centro de las discusiones sobre de-



*Wide World*  
El Dr. Friedwardt Winterberg es uno de los pioneros de la investigación en fusión termonuclear y colabora frecuentemente con la Fusion Energy Foundation de los Estados Unidos.

sarme. Uno es el concepto de los MIRV y el otro es el de la bomba de neutrones. Veamos los dos.

En el caso de los MIRV (Multiple Independently-Targetable Reentry Vehicles: vehículos de retorno para objetivos múltiples), no solo una sino varias bombas termonucleares se colocan en la punta de un cohete intercontinental. Esto por sí mismo sugiere que para optimizar el espacio unas bombas tienen la forma de una larga vara hexagonal. Cada una de estas varas mortales, de forma de lápices, está equipada con su propio sistema de gobierno inercial y pequeños cohetes de combustible sólido para controlar su trayectoria, lo que les permite encontrar un blanco predefinido. Sin embargo, el diseño especial de una bomba H delgada hace que un gran rendimiento termonuclear sea posible solo si se utiliza el principio de detonación autocatalítica.

### Detonación autocatalítica

Escribí sobre este principio hace algún tiempo en relación a las mi-

croexplosiones termonucleares<sup>2</sup>. En una detonación autocatalítica, detrás del frente de detonación termonuclear se libera un precursor de rayos x blandos que se mueve hacia adelante de ese frente a lo largo de un canal cilíndrico situado entre el combustible aún sin encender y un apisonamiento externo. Este precursor de fotones, precomprime el combustible termonuclear mediante una implosión ablativa, previo a su ignición, en su trayecto al frente de la onda de detonación. Este principio está explicado en la figura 1, la cual se tomó de mi artículo antes mencionado. La energía liberada dentro de una onda de detonación termonuclear que se propaga a lo largo de una bomba H en forma de lápiz, es proporcional a tres factores: la masa de la varilla  $M$ ; su densidad  $\rho$  y el radio de la vara  $r$ .

### Cómo funciona

Esta relación se puede entender fácilmente: debido a que la tasa de la reacción termonuclear es proporcional a  $\rho^2$ , la energía liberada en una varilla de longitud  $l$  es proporcional a  $\rho^2 r^2 / \tau$ , en donde  $\tau \approx r/v$  es el tiempo de desensamble, siendo  $v$  la velocidad radial de expansión térmica. Por tanto el rendimiento es proporcional a  $\rho r M$ . Cuando la longitud de la varilla  $l$  es constante,  $M$  es proporcional a  $\rho r^2$  y por tanto  $\rho r M \propto \rho^{1/2} M^{3/2}$ . Ahora, si se comprime el explosivo previamente, digamos en un factor 20 veces mayor que su densidad en estado sólido, se sigue que, debido a la dependencia de  $\rho^{1/2}$ , para obtener el mismo rendimiento la cantidad de explosivo se puede reducir por un factor de  $\sqrt{(20)} = 4.5$ , y el radio de la varilla por el factor  $\sqrt{(4.5)} \approx 2.2$ . El principio que opera en una bomba H autocatalítica se muestra en la figura 2.

En la revista *Progressive* (noviembre de 1979) se publicó un diseño semejante de la bomba H, el cual, sin embargo, tenía una deficiencia importante. Dicho diseño pasa por alto la necesidad de concentrar la energía del explosivo de fisión en el detonador termonuclear mediante un elipsoide prolongado donde la bomba atómica está situada en uno de los

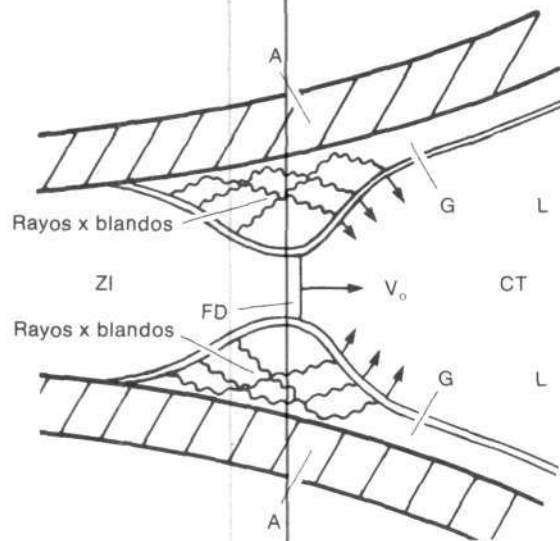
focos y el detonador de fusión en el otro.

La bomba de neutrones es un arma termonuclear pequeña. El encendido, por tanto, se logra también por medio de la explosión de una bomba de fisión, situada dentro de un elipsoide prolongado. Pero el objetivo principal de la bomba de neutrones es el de liberar tanta energía como sea posible en la forma de neutrones. Debido a que la explosión de neutrones no genera una onda de choque, una bomba de neutrones perfecta no produce daño alguno a las estructuras físicas (salvo en muy pocos casos), debido a que la materia solo absorbe los neutrones después de que han viajado una distancia relativamente larga. La materia viva, empero, es más sensible a este tipo de radiación, puesto que al ser absorbidos finalmente por cualquier reacción nuclear, los neutrones liberan una intensa radiación  $\gamma^-$  en el sitio donde son absorbidos.

Debido al requisito de liberar la mayor parte posible de la energía en la forma de neutrones, el explosivo común de la bomba H ( ${}^6\text{LiD}$ ) no es apropiado para la bomba de neutrones, ya que la detonación que se propaga en litio-deuterio requiere de todos los neutrones liberados para producir tritio. Un mejor explosivo para la bomba de neutrones sería una mezcla de deuterio y tritio líquidos (DT). Aquí, alrededor del 80 por ciento de la energía liberada resulta en neutrones, pero como el DT se encuentra en estado líquido solo a muy bajas temperaturas no es adecuado para un arma de campo.

Pero, una combinación posible sería una mezcla de  $\frac{1}{3} {}^6\text{LiT}$  y  $\frac{2}{3} {}^7\text{LiD}$ . Con esto se lleva a cabo primero una reacción D-T en la que se quema un tercio del deuterio con un tercio del tritio, dejando que se produzca el número justo de neutrones de la mezcla  $\frac{1}{3} {}^6\text{Li} - \frac{1}{3} \text{T}$ , la cual se puede quemar entonces con un tercio del deuterio de  ${}^7\text{LiD}$ . El rendimiento total de neutrones sería aquí, empero, menor del 80 por ciento, debido a

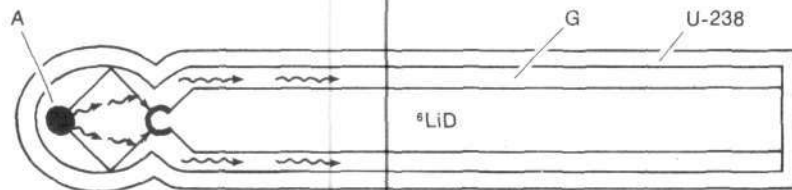
*Pasa a la página 68*



**Figura 1**

**PRINCIPIO DE DETONACIÓN AUTOCATALÍTICA**

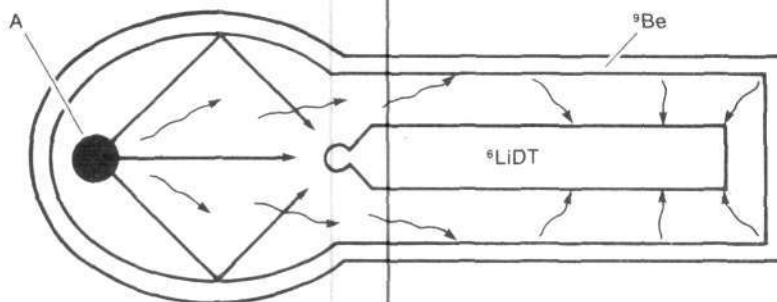
En una onda de detonación termonuclear autocatalítica, los rayos x blandos viajan a través de la región G, ubicada entre el revestimiento de metal denso L, y el apisonamiento externo A, adelante de la zona de ignición termonuclear ZI. CT es el combustible termonuclear y FD es el frente de detonación, el cual se mueve con velocidad  $v_0$ .



**Figura 2**

**PRINCIPIO AUTOCATALÍTICO DE LA BOMBA H**

La bomba atómica A genera una onda de choque de detonación termonuclear, con un precursor de rayos x blandos que viajan a través de la región G, entre el uranio-238 y la mezcla de litio y deuterio.



**Figura 3**

**PRINCIPIO DE LA BOMBA DE NEUTRONES**

En una bomba de neutrones, un reflector multiplicador de neutrones  ${}^9\text{Be}$  rodea la cámara en la cual la bomba atómica A enciende de la mezcla de litio-deuterio y litio-tritio.



# Celebran en México la primera conferencia AMEF-FEF

Cd. de México—Más de una veintena de economistas, científicos, ingenieros, investigadores y altos funcionarios de diversos organismos del gobierno y la iniciativa privada de México asistieron a la conferencia celebrada el pasado 18 de septiembre en esta ciudad bajo los auspicios de la Asociación Mexicana de Energía de Fusión y la Fusion Energy Foundation de los Estados Unidos.

Primera en su género, la reunión titulada "La industrialización de México para el año 2000", promete abrir nuevos horizontes de cooperación en materia de planificación económica y científica entre dos países cuyas relaciones a nivel oficial se han visto ensombrecidas en los últimos años por la política de mal vecino desarrollada por la Casa Blanca. El panel compuesto por dos investigadores mexicanos y dos norteamericanos presentó las bases conceptuales y el

funcionamiento del modelo econométrico LaRouche-Riemann—catalogado por un diario mexicano como "el más avanzado método de análisis económico del mundo"—así como los resultados preliminares de un estudio basado en él que determina los parámetros que habrán de seguirse a fin de que México se convierta en una potencia industrial para el siglo XXI.

La primera ponencia estuvo a cargo del Dr. Uwe Parpart, director de investigaciones científicas de la FEF, quien refutó la tesis sostenida por los organismos financieros internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial en el sentido de que México "crece demasiado rápido". "Eso es como pedir que un avión despegue a una velocidad de 55 millas por hora", apuntó el Dr. Parpart, "lo cual es imposible".

Tocó al Dr. Steven Bardwell, director del departamento de física de plasmas de la FEF, explicar la aplicación de los conceptos vertidos por el Dr. Parpart sobre la relación termodinámica-economía para determinar los cuellos de botella que debe enfrentar una economía subdesarrollada en transición a la industrialización, como en el caso de México. Resueltos estos, "en unos cuantos años, México podría triplicar sus reservas petroleras de manera que en comparación con ellas las de Arabia Saudita parecerían insignificantes dadas las tecnologías avanzadas adecuadas para su explotación", explicó el Dr. Bardwell para demostrar que los "recursos naturales no tienen nada de 'naturales'; los recursos naturales son creados por el hombre". A su vez, los recursos naturales crean nuevas tecnologías, en el sentido de que su consumo plantea el problema de su sustitución al momento de agotarse. Los recursos naturales no son para conservarse, añadió, sino para consumirlos a un ritmo tal que para cuando se agoten ya se hayan creado nuevas tecnologías que nos permitan sustituirlos.

En conclusión, el Dr. Bardwell señaló que hay que eliminar los sectores



Salvador Lozano

El Dr. Uwe Parpart es acompañado por Cecilia Soto, de la A.M.E.F., durante una conferencia de prensa en la ciudad de México. A la derecha, el Dr. Steven Bardwell expone sobre el modelo LaRouche-Riemann en la conferencia celebrada en la misma ciudad.



de la economía que reduzcan su productividad global; asegurar la debida composición de la fuerza de trabajo y adquirir los bienes de capital y los últimos adelantos tecnológicos del exterior.

En la segunda sesión de la jornada, Cecilia Soto y Patricio Estévez, dirigentes ejecutivos de la AMEF, expusieron los programas específicos que se han elaborado para la economía mexicana a base de las anteriores consideraciones. Estos resultados serán dados a conocer en detalle próximamente en esta revista.

Cecilia Soto planteó la necesidad de complementar el programa petrolero del país con un ambicioso programa nuclear que garantice la sustitución de los hidrocarburos por la energía nuclear, ya sea de fisión o de fusión, cuando el petróleo y sus derivados ya no sean aprovechables económicamente. Dentro de ese marco, destacó la necesidad de emprender un vigoroso programa de formación de científicos y técnicos que permita al país industrializarse plenamente.

Patricio Estévez, por su parte, señaló al sector agrícola de subsistencia como el lastre de la economía mexicana, como el sector que disminuye su productividad global y por lo tanto debe ser eliminado. Apoyado en una gran cantidad de estadísticas y cuadros comparativos, Estévez demostró la inviabilidad económica, política y social de dicho sector y planteó una serie de proyectos específicos para resolver el problema de la agricultura en México.

Estuvieron representados en la conferencia las secretarías de Programación y Presupuesto y Patrimonio y Fomento Industrial; Nacional Financiera, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, el grupo bancario Bancomer. Asistieron además asesores de los gobiernos estatales de Puebla y Sonora, así como un grupo de estudiantes avanzados de diversas partes del país.

— Adolfo Carbajal

## Expone S. Bardwell en el Instituto Mexicano del Petróleo

Más de cuarenta ingenieros, físicos y matemáticos asistieron a la disertación del Dr. Steven Bardwell el pasado 24 de julio en la ciudad de México. El Dr. Bardwell, director del departamento de física de plasmas de la Fundación de Energía de Fusión, rindió un informe preliminar sobre el detallado programa para el desarrollo de México que elabora la FEF en colaboración con la Asociación Mexicana de Energía de Fusión (AMEF).

La exposición fue parte de un seminario de cinco días sobre instrumentos de análisis "económico" patrocinado por el Instituto Mexicano del Petróleo, organismo estatal de investigación científica básica de hidrocarburos.

Lo que más llamó la atención del público asistente, compuesto en su mayoría de ingenieros, fue el contraste entre el método expuesto por Bardwell, que considera a la economía como un sistema termodinámico, y las categorías monetarias abstractas empleadas por los demás conferencistas quienes a duras penas pudieron mostrar una conexión entre su trabajo y el desarrollo industrial. Bardwell forma parte del grupo de investigadores que crearon el modelo económico LaRouche-Riemann utilizado en el programa mexicano.

Su disertación abarcó el estado actual de la economía estadounidense y un programa de desarrollo para la India preparado también con ayuda del modelo LaRouche-Riemann.

### El desarrollo de México

Bardwell respaldó los esfuerzos que realiza el gobierno de José López Portillo para industrializar a su país. No obstante quiso señalar que hacía falta mejorar el método mexicano en dos áreas críticas: la energía nuclear, cuyo desarrollo en lugar de acelerarse ha

tendido a ser opacado por las enormes reservas petrolíferas de México, así como la agricultura, rama en donde existe un serio problema de atraso que ha repercutido negativamente en el resto de la economía.

### Energía nuclear, la clave

"Usted ve en la energía nuclear la inversión estratégica clave", dijo un ingeniero, "pero nosotros tenemos petróleo. ¿Para qué necesitamos la energía nuclear?"

"Por dos motivos", respondió Bardwell: "más que para la producción de energía, México necesita la energía nuclear para la educación y la defensa. México debe utilizar su petróleo para expandir la infraestructura industrial. Pero el factor clave para el desarrollo de su potencial humano es la energía nuclear. La tasa de desarrollo industrial crecerá en proporción a la reducción del precio de la energía, siempre y cuando esta reducción sea producto de la aplicación de tecnologías de alta intensidad energética al mejoramiento de la productividad".

## Otorgarán premio a la excelencia técnica

A partir de 1981, la Fusion Energy Foundation otorgará varios premios anuales a las mejores técnicas de generación de energía en proceso de desarrollo. Los premios se entregarán en las exposiciones internacionales de transferencia de tecnología TechEx que organiza cada año la asociación norteamericana Dr. Dvorkovitz & Associates. La selección de los ganadores se hará entre los participantes de esa exposición. En 1981, se llevarán a cabo tres exposiciones TechEx. Una en Georgia, Estados Unidos, otra en Viena, Austria, y una tercera en Colombo, Sri Lanka.

Las técnicas premiadas serán las que ofrezcan mayores posibilidades para aumentar la *productividad* en materia de la generación y el uso de la ener-

## Nuestras actividades

gía. El mismo criterio gobernará la selección de técnicas para uso tanto en países industrializados como en países del Tercer Mundo.

La entrega de premios estará a cargo Dr. Morris Levitt, director ejecutivo de la Fusion Energy Foundation. Levitt y el ingeniero Jon C. Gilbertson, director de ingeniería nuclear de la misma fundación, están ahora en proceso de reunir el jurado dictaminador.

"El meollo de nuestra tarea es ... coadyuvar a acelerar la feliz creación de técnicas avanzadas de generación de energía" dice el Dr. Levitt. "Es un placer para nosotros otorgar estos premios ... junto con jueces distinguidos que comprendan la urgencia de desarrollar y transferir estas técnicas para desarrollar las potencialidades económicas y mejorar las condiciones de vida de los pueblos de todas las naciones. Invitamos a industriales, inventores particulares, laboratorios y gobiernos a que asistan y participen en la competencia".

## Hace noticia el programa de la FEF para India

El programa para desarrollar a la India que la Fusion Energy Foundation elaboró en colaboración con el semanario estadounidense *Executive Intelligence Review*, ha venido ocupando desde septiembre las primeras planas de la prensa de ese país.

A principios de ese mes, el servicio de prensa más amplio de la India, el *Press Trust of India*, publicó un artículo sobre ese programa cuya meta primordial es hacer de esa nación una potencia industrial para el año 2020. De inmediato aparecieron partes del artículo en tres de los principales diarios del país: *The Patriot*, el *National Herald* (periódico que expresa la posición del partido Congreso I ahora en el poder y dirigido por la primer ministro Indira Gandhi), y el *Hindustan Times*, el periódico de más amplia circulación en el sur de la India. Este último expresó también su opinión



Morris Levitt, director de la F.E.F.

sobre el programa en un editorial publicado el 10 de septiembre.

Sobre el particular, *The Patriot* dijo que "de seguir una política económica bien definida que ponga énfasis en la industria, la energía atómica y la utilización eficaz de su amplia base de técnicos, la tercera en el mundo, India surgirá hecha una superpotencia superada solo por los Estados Unidos y la Unión Soviética. India puede alcanzar esta prominente posición para un país del Tercer Mundo en menos de 40 años, dice una exhaustiva y avanzada proyección por computadora realizada por uno de los economistas de primera línea, el Sr. Lyndon H. LaRouche, Jr., ex precandidato a la presidencia de EU, junto con otros expertos".

LaRouche es uno de los miembros fundadores de la FEF y creador de los principios teóricos del modelo econométrico LaRouche-Riemann que se usó para elaborar el programa de desarrollo de la India. A principios de junio, Uwe Parpart, director del departamento de investigaciones científicas de la FEF, viajó a la India en donde discutió a fondo el programa con científicos, planificadores y funcionarios del gobierno de ese país.

## La bomba de neutrones

Viene de la página 64

que un tercio de la energía de la reacción,

$n + {}^6\text{Li} \rightarrow \text{T} + {}^4\text{He} + 4.8 \text{ MeV}$ ,  
es decir,  $\frac{1}{3} \times 4.8 \text{ MeV} = 1.6 \text{ MeV}$  toma la forma de productos cargados de la fusión, reduciendo el rendimiento relativo de neutrones de 80 a 74.4 por ciento. Aunque en realidad el rendimiento total de neutrones es aún menor, porque algunos de los neutrones que deberían producir tritio se pierden en el sistema de ensamblaje por difusión.

Estas pérdidas se pueden compensar en gran medida si se rodea el ensamblaje con un reflector multiplicador de neutrones. No obstante, el uranio-238 no es apropiado para este propósito, debido a que da lugar a una gran cantidad de productos en la fisión que no son neutrones y por tanto se podría reducir substancialmente el rendimiento relativo de estos. Una substancia más apropiada para este propósito es el  ${}^9\text{Be}$  que desarrolle la reacción,

${}^9\text{Be} + n \rightarrow {}^8\text{Be} + 2n - 1.666 \text{ MeV}$ ,  
en la que  ${}^8\text{Be}$  se desintegra espontáneamente en dos partículas  $\alpha$  con la liberación de 0.096 MeV. Así, la reacción es endotérmica. La figura 3 muestra el principio de esta bomba de neutrones.

No he mostrado cómo se ensambla el detonador de fisión para llevarlo a un estado supercrítico, ni en el caso de la bomba de neutrones ni en el caso de los MIRV. Eso se logra mediante procedimientos especiales para manejar altos explosivos ordinarios, sobre lo cual escribiré en el futuro.

*El doctor Winterberg, profesor de física del Instituto de Investigaciones del Desierto de la Universidad de Nevada (Reno), es uno de los pioneros de la investigación sobre la fusión nuclear. En 1978 recibió la medalla de oro Hermann Oberth por su trabajo en materia de propulsión termonuclear.*

### Notas

1. *Fusion*, noviembre de 1979, P. 41.
2. F. Winterberg, *Atomkernenergie*, 32:2, 1978, p. 85.



## Técnicas inadecuadas

### El caso del gasohol

Viene de la página 7.

Pero si estas cifras no bastaran, un examen de la eficiencia energética de la biomasa muestra su bajo rendimiento en cuanto combustible y mal uso de los procesos naturales que ello implica. Un bosque o un sembradío de caña de azúcar convierte en biomasa sólo el 5 por ciento de la energía solar que recibe. La densidad del flujo energético de los dispersos rayos del sol que tocan la tierra es 5,000 veces menor que la del carbón o la gasolina. Además de ese 5 por ciento de energía solar transformado en biomasa, gran parte se pierde en el proceso de convertir azúcares y almidones vegetales en alcohol.

En conclusión, la explotación de la biomasa es la forma más ineficiente de producir energía inorgánica para mover una economía. El verdadero valor de la energía solar contenida en productos agrícolas alimenticios es que constituye la única forma de

energía organizada que el hombre y los animales pueden asimilar. El convertir una energía de tal calidad en combustible inorgánico es degradarla y privar a la sociedad de uno de sus recursos más valiosos. La razón por la que los abogados de utilizar el alcohol como combustible han podido ocultar verdades científicas tan reveladoras como las anteriores es que para ellos sólo cuentan las cifras del combustible líquido invertidas y las producidas. En el caso brasileño esta balanza aparentemente es positiva. La razón es que no cuentan para nada la enorme energía humana que se invierte en los campos de cultivo brasileños. En 1979, se emplearon en Brasil medio millón de jornaleros que gastaban 5,000 calorías al día cortando caña con machete para producir sólo 70,000 barriles de alcohol diarios.

Lo que es más, el programa brasileño ha desatendido tanto el cultivo de alimentos que el país—uno de los

principales exportadores agrícolas del mundo—ha empezado a sufrir una crisis de alimentos. El economista brasileño Joao Francisco de Aguiar ha señalado que tomando como base los precios actuales del azúcar, Brasil bien podría obtener 1,500 millones de dólares exportando el azúcar en vez de utilizarla para producir alcohol, el cual le ahorra al país tan sólo 300 millones de dólares.

La decisión de utilizar combustibles elaborados a base de biomasa compromete a todo país a la adopción de sistemas agrícolas tecnológicamente atrasados que degradan el trabajo, la tierra y los ríos (con efluentes altamente contaminantes). Si bien puede generar un auge pasajero en algunos renglones agrícolas e industriales, el gasto de capital, fuerza de trabajo y terrenos cultivables para su producción propicia la crisis del proceso reproductivo fundamental de la economía en su totalidad.

—Mark Sonnenblick

UNA VEZ MAS... EN TRES CIUDADES ESTRATEGICAS

# TechEx '81



9ª Feria Anual de Intercambio Tecnológico

**No es una de tantas ferias regionales, ¡sino una feria internacional única en su género!**

En **TechEx'81 AMERICAS** y **TechEx'81 EUROPA** se exhibirán los últimos adelantos de la técnica. Estas ferias seguirán el mismo programa que le ha permitido cobrar prominencia a TechEx. En los últimos diez años han asistido a las ferias de TechEx decenas de miles de ejecutivos interesados en innovaciones y transferencia de tecnología y miles de contratos originados en ellas se han venido a consumir después.

En **TechEx'81, EL TERCER MUNDO EN SRI LANKA** se exhibirá maquinaria útil que satisface las necesidades de los países en desarrollo así como la oportunidad de explorar las posibilidades de realizar empresas conjuntas. Además, durante la feria se llevará a cabo un importante simposio titulado.

#### "LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA Y LOS PAISES EN DESARROLLO"

El simposio estará patrocinado por el gobierno de Sri Lanka y por Dr. Dvorkovitz & Associates; los ponentes tratarán sobre los buenos resultados y los escollos que se pueden encontrar en la transferencia de tecnología. El evento está encaminado a satisfacer las necesidades específicas del Mundo No Comprometido mediante la combinación del simposio, la exhibición industrial y la oportunidad de tratar de negocios personalmente, lo cual ha sido siempre un factor primordial para TechEx.

EL COMPRADOR que busca maquinaria... nuevos productos que su empresa pueda fabricar, o procedimientos que le permitan mejorar la rentabilidad... necesita ponerse en contacto con las empresas adecuadas y al nivel adecuado. TechEx le ofrece todo esto, dentro de un ambiente práctico, para que examine las últimas innovaciones, así como los productos ya probados y consagrados.

Para mayor información: **DR. DVORKOVITZ & ASSOCIATES**

P.O. Box 1748, ORMOND BEACH, FLORIDA 32074 U.S.A.

Tel.: (904) 677-7033

T.W.X.: 810-832-6299

#### AMERICAS

Georgia World Congress Center  
Atlanta, Georgia  
del 10 al 13 de marzo de 1981

#### EUROPA

Wiener Stadthalle  
Viena, Austria  
del 17 al 20 de marzo de 1981

#### EL TERCER MUNDO EN SRI LANKA

International Conference Hall  
Colombo, Sri Lanka  
del 29 de abril al 4 de mayo de 1981

#### Actividades Especiales:

Tech Excellence  
y la  
Fusion Energy  
Foundation  
otorgarán un premio  
al logro  
más sobresaliente  
en materia  
de  
innovación  
técnica

## Que coman Karma...

### The Aquarian Conspiracy

por Marilyn Ferguson  
J.P. Tarcher, Inc., 1980

La "conspiración de acuario" ha escogido por víctimas a gente como usted y yo. Porque es una conjura contra la sociedad industrial, contra la razón y contra la ciencia. Es una conjura para convencernos no solamente de que "lo pequeño es lo mejor", como nos dice el título del libro cerocrecimentista de E.F. Shumacher, sino de que el individuo sólo puede "encontrarse" a sí mismo en un "mundo pequeño". Haciendo uso de la meditación, el misticismo, las drogas psicodélicas y la terapia transaccional para tomar "conciencia", el individuo transformado puede abandonar la vasta y fea sociedad materialista para dedicarse a "hacer lo suyo". (El concepto propuesto es parecido a lo que antaño se calificaba de "chiquillo malcriado").

¿Y quiénes son estos "conspiradores de acuario" que llenan la narrativa que Ferguson hace de esos Estados Unidos transformados? Como yo, usted reconocerá a muchos de ellos. Son los insensatos manifestantes antinucleares, el antiguo amigo de la universidad que le cuenta qué tan feliz es ahora que ha cobrado "conciencia de su homosexualidad"; el empresario que no puede operar sin su "bio-etroalimentación" y su meditación; el profesional que se va a vivir a California y entra a un grupo de terapia. (Segun Ferguson, California es el centro de los "acuarios").

Si este libro fuera como la mayoría de los libros que uno encuentra en la sección de psicología barata de las librerías, bien podría pasar desapercibido.

Pero no es un libro común y corriente. Es una declaración de guerra para inducirnos a dedicar nuestra vida a la "búsqueda de la conciencia" en

vez del progreso, los gobiernos nacionales, la industria, la tecnología, la medicina más avanzada, y sobre todo, en vez del método científico que nos dice que el hombre puede comprender el universo. "Tenemos que explorar lo desconocido. Lo conocido nos ha fallado por completo", nos dice Ferguson. "Hemos exagerado las ventajas de la técnica y la manipulación externa; hemos malbaratado la importancia de las relaciones humanas y la complejidad de la naturaleza".

La única utilidad del libro de Ferguson reside en el hecho de que demuestra a cabalidad que hay una perniciosa conjura para acabar con el progreso. Ferguson señala como predecesores—y de hecho creadores—de la "conspiración de acuario" al escritor de la oligarquía británica H.G. Wells, al ex presidente de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, Kenneth Boulding, al físico Ilya Prigogine, a Aldous Huxley y a los agentes de los servicios de inteligencia británico y estadounidense que idearon un plan para distribuir drogas psicodélicas entre los estratos univer-

sitarios de los Estados Unidos en la década de los 60.

Dice Ferguson: "el mayor uso de la marihuana constituyó un golpe a la autoridad: médica, legal y paterna... Es una ironía que se le atribuya en gran parte la distribución de psicodélicos fuertes como el LSD a la Agencia Central de Inteligencia la cual investigó estas substancias para su posible uso militar. Los experimentos que la CIA hizo con diferentes nombres en clave en 80 universidades popularizaron sin quererlo el LSD. Se usó como conejillos de indias a miles de estudiantes de carrera. Pronto se prepararían ellos mismos el ácido. Para 1972, dice la Comisión Nacional sobre Abuso de Drogas y Marihuana, cerca de un 5% de los americanos en edad adulta habían ingerido por lo menos una vez el LSD o un psicodélico fuerte similar".

Ferguson les enseña a los novatos de la introspección las bases para cobrar "conciencia": primero está el punto de entrada, por lo general una experiencia traumática o una visión producida por medio de drogas; después está la exploración de ese nuevo estado psíquico, a la cual le sigue la integración y por último la conspiración.

En pago por esta arrobada sensiblería, el futuro "conspirador" es



"Los acuarios le han declarado la guerra al mundo". En la foto, una escena de la película acuaria Hair. A la derecha, la portada del libro de Marilyn Ferguson.

"liberado" de los constreñimientos de la sociedad industrial. ¿Moralidad? ¿Responsabilidad para con las generaciones futuras? Los "acuarios" no están rompiendo con las reglas tradicionales, dice Ferguson, porque "no aceptan" las reglas de la sociedad para empezar.

¿Qué tanto éxito han tenido los "conspiradores"? En su prólogo, Ferguson dice: "Hay legiones enteras de conspiradores. Están en corporaciones, universidades, hospitales, en las facultades de escuelas públicas, en fábricas, en consultorios médicos, en dependencias estatales y federales, en concejos municipales, en el personal de la Casa Blanca, en legislaturas estatales, en organizaciones de voluntarios, y prácticamente en todos los ámbitos directores del país".

Lo pernicioso de esta conspiración se puede ver mejor en sus aplicaciones a la vida cotidiana moderna. En el capítulo dedicado a "la cura de uno mismo", por ejemplo, se justifica el desmantelamiento del sistema médico estadounidense. Después de todo, dice Ferguson, de los tres negocios más grandes de Estados Unidos, la medicina ocupa el tercer lugar. ¿Qué tipo de cura proponen los "acuarios"? El cuidado médico "hoísta" y la "medicina alternativa". Una vez traducido, esto significa que sólo los que hayan adquirido "conciencia" pueden "curarse". La técnica y la lectura "excesiva" de libros enajena a los médicos, afirma Ferguson. Es la "tecnología adecuada" contra las grandes máquinas "opresoras"; las escuelas sin muros y sin símbolos de autoridad; matrimonios abiertos a la promiscuidad; aventuras espirituales en vez de religión; villas "ecotópicas" descentralizadas en vez de ciudades.

En fin, *The Aquarian Conspiracy* de Marilyn Ferguson es un desafío a la capacidad del hombre para diferenciar entre fantasía y realidad, y por lo tanto, un desafío a su capacidad para sobrevivir. Ferguson y los "acuarios" le han declarado la guerra al mundo. ¿Responderá el mundo a ese desafío?

—Marjorie Hecht

## Ahora que ya leyó *Fusión*...

ingrese a la Asociación Mexicana de Energía de Fusión y participe en la tarea de recrear aquí en la tierra el proceso de fusión termonuclear que mueve al sol y a las estrellas y que dará a la humanidad una fuente de energía prácticamente inagotable.

La Asociación Mexicana de Energía de Fusión, institución científica de carácter no lucrativo, está dedicada a la difusión y promoción de todas las ramas de la investigación técnica y científica que contribuyan al mejoramiento económico, político y social del hombre.

Los miembros de la A.M.E.F. tienen derecho a recibir:

Deseo ingresar a la A.M.E.F.:

Nombre \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_

Estado \_\_\_\_\_

Ocupación \_\_\_\_\_

Envío cheque  giro postal  por valor de  
 1,000 pesos (un año, miembro individual)  
 5,000 pesos (un año, cuota institucional)

Pagadero a:  
Asociación Mexicana de Energía de Fusión  
Francisco Díaz Covarrubias 54 A 2º piso  
Colonia San Rafael, México, D.F.

- una suscripción por dos años a la revista bimestral *Fusión*
- todas los boletines de información publicados por la A.M.E.F.
- boletos de entrada a precios de descuento a todas las conferencias y seminarios patrocinados por la A.M.E.F.

La Asociación Mexicana de Energía de Fusión admite miembros individuales o institucionales (empresas, instituciones docentes, asociaciones civiles, etc.)

Ingrese a la A.M.E.F. ¡y ayude a bajar el sol y las estrellas!

# Bienvenida Fusión!

## Monterrey Auto Parts, Inc.,

*una compañía dedicada al progreso*

*felicita a los editores  
de Fusión y les desea gran éxito  
en su empresa.*

Monterrey Auto Parts, Inc.  
3946 W. 26th St.  
Chicago, Illinois 60623

Moisés y Rosario Carbajal  
propietarios

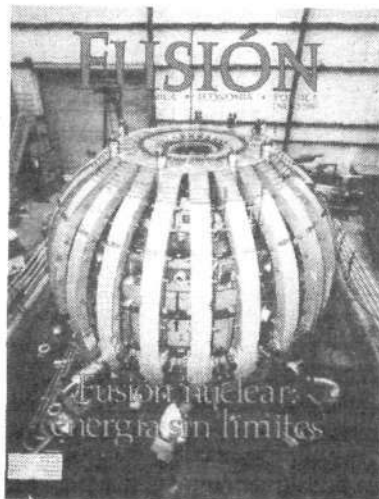
Tel. (312) 762-1400



# ¡Haga época!

*La energía de fusión nuclear inaugurará una nueva era de abundancia para la humanidad, ya que pondrá a su disposición una fuente de energía barata, no contaminante y prácticamente inagotable.*

**¡Suscríbese a Fusión!**  
**¡Suscriba a un amigo!**



Utilice los cupones de suscripción en este ejemplar.

## Sobre los autores



**Steven Bardwell**, director de la división de física de plasmas de la Fusion Energy Foundation. Recibió su licenciatura en ciencias físicas de Swarthmore College y obtuvo su doctorado en física de plasmas de la Universidad de Colorado. Ha publicado numerosos artículos sobre teoría de plasmas en la revista mensual *Fusion* y en el *International Journal of Fusion Energy*, publicaciones ambas de la FEF, así como en la revista *Astrophysics Journal*. En fechas más recientes, el Dr. Bardwell ha colaborado con un grupo de investigadores en la elaboración y aplicación del modelo econométrico LaRouche-Riemann.

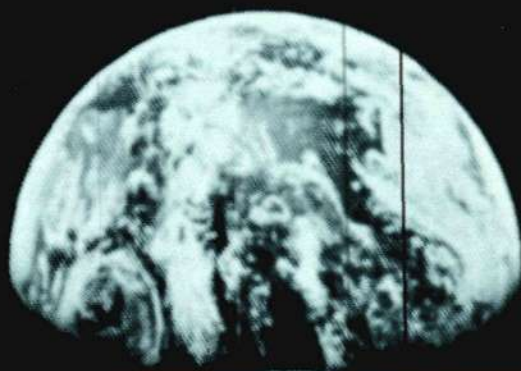
**Mark Burdman** es un especialista en política y economía de los Estados Unidos y el Medio Oriente. Como tal colabora en la revista semanal estadounidense, *Executive Intelligence Review*.



**Lyndon H. LaRouche** ha abierto nuevos caminos en materia de economía con su aplicación de la física riemanniana a la solución de ciertos problemas de la "matemática económica" previamente insolubles. Sus descubrimientos en este campo, le permitieron elaborar la base teórica del modelo econométrico LaRouche-Riemann. El Sr. LaRouche encabeza un servicio internacional de información y asesoría especializado en cuestiones políticas y económicas. En 1974 propuso la formación de un sistema monetario internacional de patrón oro para reemplazar al Fondo Monetario Internacional. Se le reconoce como el autor intelectual del nuevo Sistema Monetario Europeo el cual de echar raíces podría sentar las bases para la formación de ese sistema monetario mundial. El Sr. LaRouche fue precandidato presidencial del Partido Demócrata en 1980.

**Cecilia Soto** es directora ejecutiva de la Asociación Mexicana de Energía de Fusión (AMEF). Realizó estudios de física en la Universidad Nacional Autónoma de México y actualmente coordina la aplicación del modelo LaRouche-Riemann al desarrollo industrial y agrícola de México.

**Charles B. Stevens** es director de la división de ingeniería de fusión termonuclear de la Fusion Energy Foundation. Estudió ingeniería química en la Universidad de Villanova. En años recientes el Sr. Stevens se ha especializado en el campo de la fusión termonuclear. Sus análisis y reportajes sobre los adelantos logrados en ese campo le han ganado renombre internacional.



Nuestra única premisa es el progreso

Somos una empresa mexicana especializada en estudios de planificación,  
proyectos económicos y aplicación de técnicas avanzadas.

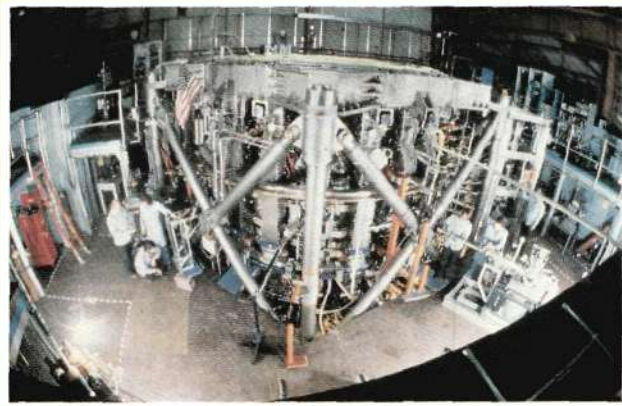
Creemos con México

# SIGLO XXI

Francisco Diaz Covarubias 54A 2 piso México 4, D.F.



# En este número



## El estado actual de la fusión nuclear

La fusión de núcleos atómicos es el proceso que da origen a la energía de nuestro sol y de todas las estrellas. En el próximo cuarto de siglo se podrá duplicar ese mismo proceso en el corazón de un reactor nuclear a escala comercial. La energía de fusión nuclear dará a la especie humana energía barata, abundante, no contaminante y prácticamente inagotable. Presentamos en este número una evaluación del estado de la investigación en este campo de la ciencia.

## El modelo econométrico LaRouche-Riemann

El hecho más relevante de la evolución humana es el progreso. "O progresamos o morimos," afirma el doctor Steven Bardwell, autor del artículo sobre el modelo econométrico LaRouche-Riemann. Este modelo parte de la necesidad inevitable del progreso humano, resultado de la innovación científica y tecnológica que permite el avance material y cultural del nivel de vida de la población. El doctor Bardwell, miembro de la junta directiva de la Fusion Energy Foundation, presenta un informe sobre los resultados obtenidos al aplicar el modelo a diversas economías nacionales.



## Qué se puede hacer con el clima

El comportamiento del clima de nuestro planeta y la dinámica de los plasmas termonucleares presentan coincidencias extraordinarias e inesperadas, según recientes descubrimientos en la materia. Esto, en combinación con la relación entre la biomasa y los grandes sistemas climáticos, plantea la posibilidad de que el hombre pueda dominar el comportamiento del clima por medios artificiales.



## El Club de Roma, vástago de la OTAN

Los "límites al crecimiento", el "cero crecimiento demográfico" y su difusión no son parte de un fenómeno sociológico natural. El Club de Roma, organismo difusor de esa ideología, fue creado en las oficinas de la Organización del Tratado del Atlántico Norte, la OTAN.