

La Lucha por la Hegemonía Mundial: El Caso de los Nuevos Materiales

Horario J. Reskala Cárdenas

1. Son varios los factores que han jugado un papel importante en la consolidación de las bases de la tercera revolución científico-tecnológica. En relación a nuevos materiales² que es el elemento de la revolución que nos ocupa, si bien es cierto que su desarrollo se remonta y se ha venido acumulando con anterioridad a la década pasada, es en ésta donde surge una problemática de carácter económico-político-social que actúa como catalizador propiciando su fuerte desarrollo y aplicación en la esfera productiva.

2. Un aspecto valioso de esa problemática fueron las crisis energéticas por las que atravesó el sistema mundial en 1973 y 1979-1980, que al alterar profundamente la estructura de precios relativos sobre la cual se cimentaba el aparato productivo de los países desarrollados, inclinó la balanza a la investigación e incremento de fuentes alternas de energía y a la búsqueda de materiales que requieren menos energía en su elaboración y aplicación.

3. Tal situación puso de manifiesto que la producción y el consumo se basaban en balances de energía altamente ineficientes y que sin necesidad de grandes cambios, adaptaciones y sacrificios en los niveles de consumo y producción, se podían impulsar programas ahorradores de energía que se tradujeran en menores compras al exterior de petróleo y otras materias primas.

4. Esto es, la crisis evidenció el alto nivel de dependencia que la producción interna, el creci-

miento y bienestar de los principales países desarrollados tenían respecto a sus abastecedores de energía, y convirtió al petróleo y gas en recursos estratégicos. En consecuencia, surgió como inaplazable meta disminuir el abastecimiento externo de energía mediante programas de ahorro y el desarrollo y aplicación de nuevos materiales, de preferencia disponibles internamente.

5. Por otro lado, la publicación, a fines de los setenta, del informe "Los Límites del Crecimiento", del Club de Roma, constituye otro elemento poderoso que contribuyó a impulsar el desarrollo de nuevos materiales. En este, se pronostica a sus miembros escasez de suministros exteriores, caída de las exportaciones, y como consecuencia tasas bajas de crecimiento económico en la década de los ochenta y noventa extendiendo el problema del abastecimiento energético y la necesidad de materiales sustitutos, a otra serie de materiales estratégicos como el Cobalto, Cromo, Manganeseo, Germanio, etc.³ Las figuras uno y dos ilustran para el caso de Estados Unidos cuáles son los materiales considerados estratégicos y su grado de dependencia externa.

6. Por último, un factor impulsor muy importante de la investigación y aplicación de nuevos materiales ha sido la penetración de Japón en el mercado interno y externo de Estados Unidos y de otras potencias, basado en una política y programas tecnológicos agresivos, que han cristalizado en aplicaciones de mayor eficiencia en términos energéticos y de propiedades de ingeniería.

7. Esta incrustación de Japón en los mercados internacionales pone en peligro algunas industrias de Estados Unidos, disputa mercados tradiciona-

¹ Versión actualizada de la ponencia presentada en el seminario "Ciencia y Sociedad: La Tercera Revolución Científico-Tecnológica de la Humanidad", Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM, agosto de 1987.

² Materiales que no existen en esa forma en la naturaleza y que superan a los tradicionales en sus propiedades de ingeniería. En términos generales los nuevos materiales se agrupan en cerámicas, polímeros, compuestos y metales; se subdividen en una amplia gama y dan origen a infinidad de aplicaciones.

³ Véase el informe mencionado y UNIDO Secretariat, *Implications of new materials and technology for developing countries*, ID/WG.384/1/Rev. 1, 1983.

les de este país, concientiza a las naciones desarrolladas de la importancia estratégica del avance científico-tecnológico de nuevos materiales y, en suma, pone en discusión el liderazgo económico mundial de Estados Unidos. Este por su parte, reacciona incrementando exponencialmente los recursos destinados a desarrollar y promover la aplicación de nuevos materiales.⁴

8. De tal forma, la lucha por los mercados interiores y exteriores, que se sustenta cada vez más en la profundización y dominio del conocimiento, en la investigación y desarrollo, es una lucha por mantener el actual orden mundial, el *statu quo* del sistema mundial. En éste se encuentra Estados Unidos como la parte dominante, y Japón y Europa Occidental como elementos subordinados que se esfuerzan por intervenir o, al menos, romper con tal situación.

9. Los países subdesarrollados participan marginalmente en esta lucha, aunque podría representar una oportunidad para "quemar" etapas de desarrollo e insertarse ventajosamente en el mercado internacional, dada su disponibilidad de recursos físicos y humanos en algunas áreas específicas de los nuevos materiales.

I Ventajas económicas de los nuevos materiales sobre los tradicionales

10. Un aspecto favorable sobresaliente de los nuevos materiales en general, derivado de la problemática de suministros que enfrentan las economías desarrolladas, es que las materias primas básicas de estos tienden a estar menos concentradas geográficamente y/o en general son más factibles de producir por los países desarrollados, lo que disminuye su dependencia externa, lo mismo que los problemas de inestabilidad político-social que afectan su suministro.

11. Baste mencionar algunos ejemplos que ilustran lo anterior: los nuevos superconductores cerámicos "calientes", aún en etapa de laboratorio y con problemas importantes de aplicación, se obtienen a partir de óxidos cerámicos muy comunes llamados perovskitas y de un refrigerante disponible para todo el mundo: el nitrógeno del aire, mucho menos raro que el helio usado actualmente y bastante más barato de obtener en su fase líquida que éste.⁵ Un segundo caso, que des-

taca por su importancia, es el de los metales estructurales de los motores de autos, que tienden a ser sustituidos por cerámicas cuyos materiales básicos están disponibles en Estados Unidos, Japón o Europa. Estas mismas cerámicas, y algunos polímeros, reemplazarán a aceros microaleados que dependen del exterior en sus aleantes vanadio y titanio, como se muestra en las tablas 1 y 2.

12. Otra de las ventajas de los nuevos materiales, quizá de las más notables, es que consumen menos energía en su fabricación y aplicación, que los materiales tradicionales, como efecto de mejores propiedades de ingeniería (dureza, ductilidad, resistencia a la tensión y al impacto, etc.), lo que se traduce en productos más eficientes. Un buen ejemplo de esto son los intentos de reemplazar los motores metálicos por motores cerámicos superconductores pues estos resisten temperaturas más altas y desgastes mayores, son más potentes, consumen y pierden menos energía por menor resistencia eléctrica y rozamientos, etc. Estados Unidos en este momento intenta desarrollar cerámicas específicas para cada tipo de motor.

13. Los nuevos materiales, como producto del conocimiento más intensivo de las propiedades físicas y químicas fundamentales y del avance de la tecnología y la ciencia de materiales, son cada vez más factibles de producir con propiedades "al gusto del cliente", o *ad-hoc* a la aplicación específica, propiciando la aparición de nuevos productos y la sustitución de productos estandarizados menos eficientes.

Esta tendencia a la desestandarización, diferencia fundamental de los nuevos materiales respecto a la correspondiente inclinación estandarizadora de los materiales tradicionales, se presenta por ejemplo en el desarrollo de cerámicas específicas para cada tipo de motor que se está realizando en este momento en Estados Unidos, y en la investigación de polímeros funcionales no estandarizados, sustitutos de polímeros de consumo masivo estandarizados.⁶

14. Uno de los productos importantes nuevos, en vías de desarrollo, imposible de obtener hasta ahora con los materiales tradicionales, es la compu-

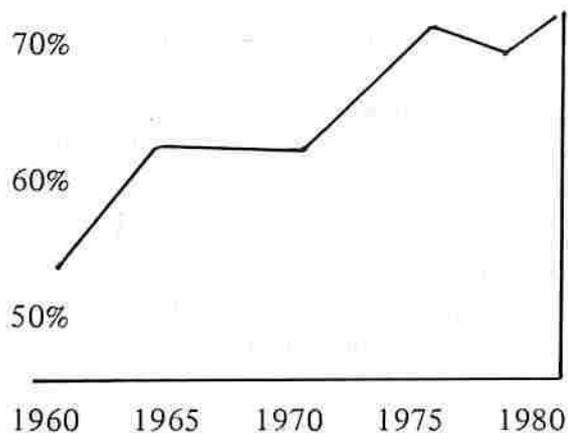
⁴ Estados Unidos destinó 10 mil millones de dólares para apoyar las investigaciones en superconductores cerámicos en 1987. México, en el Programa Universitario de Superconductores dispuso de 208 millones de pesos. UNAM, *Revista de la Facultad de Química*, septiembre de 1987.

⁵ CONACYT, *Revista Ciencia y Desarrollo*, núm. 74, pp. 20-23.

⁶ *cfr. Revista Scientific American*, octubre de 1986; y Magar, Roger, "Nuevos Materiales", ponencia presentada en el seminario "México: Tecnologías y Futuro", marzo de 1985. Asimismo, Nafáile R., Carlos, *Interrelaciones de los materiales poliméricos con energía: Estudio prospectivo de la situación en México*, UNAM-PUE. 1986.

Tabla 1

**COMPORTAMIENTO DEL NIVEL DE DEPENDENCIA DE
ESTADOS UNIDOS EN 25 MINERALES Y
METALES NO ENERGÉTICOS**



Antimonio	Níquel
Asbestos	Grupo Platino
Bauxita	Potasio
Alúmina	Selenio
Cadmio	Estroncio
Cromo	Tantalio
Cobalto	Estaño
Colombio	Titanio
Fluorine	Tungsteno
Oro	Uranio
Mineral	Vanadio
Hierro	Zinc
Manganeso	
Mercurio	
Mica (hoja)	

FUENTE: Compilación por Booz, Allen & Hamilton Inc. de *The Statistical Abstract of the United States* (edición de 1979).

Tabla 2

**GRADO DE DEPENDENCIA DE ESTADOS UNIDOS
EN MINERALES ESTRATÉGICOS**

Importaciones de E.U. sobre consumo aparente (%).

0%	25%	50%	75%	100%
Alúmina Estaño	Tantalio Níquel	Manganeso	Diamantes Cobalto Grupo Platino Cromo	75%
	Tungsteno Zinc	Germanio Mercurio Berilio	Oro	50%
	Plata		Vanadio	25%
	Cobre Plomo			0%

Porcentaje de la producción mundial controlada por Sudáfrica y el bloque soviético.

FUENTE: Compilado por Booz, Allen & Hamilton Inc. de *The Congressional Record* y U.S. Bureau of Mines Data.

tadora fotónica, que se construirá a partir de fibras ópticas, cristales electroópticos, circuitos fotónicos y láseres, procesará información a velocidades muy superiores a las actuales y dará pie a grandes avances en el campo de la inteligencia artificial.⁷

15. Una ventaja meramente económica de los nuevos materiales es que en general disminuyen costos en el producto terminado por su mayor eficiencia y menor cantidad de material insumido por unidad producida⁸; es el caso de los aceros de alta resistencia y baja aleación (aceros al vanadio, titanio o niobio) que, al utilizar las plantas existentes, se producen al mismo precio aproximadamente que los aceros de baja gradación, pero por su mayor capacidad de tensión reducen las necesidades del comprador en aproximadamente 30 por ciento. Esto equivale poco más o menos a

que con una capacidad productiva incambiada se tenga posibilidad de incrementar la oferta de productos terminados en 30 por ciento, bajando los costos por unidad producida en esa proporción.

16. Por último, el ciclo investigación-desarrollo-aplicación de nuevos materiales, propicia que un país presente ventajas comparativas dinámicas que se traducen en liderazgo o subordinación en sus relaciones internacionales, en balances comerciales positivos o negativos y/o, en última instancia, en mayores o menores recursos para el desarrollo. Proporciona armas para la lucha por el liderazgo que se mencionó en las cláusulas siete y ocho.

17. Las ventajas mencionadas se reflejan en estimaciones optimistas para el comercio mundial de nuevos materiales. Japón consideró los siguientes volúmenes de mercado para 1981:

Tabla 3

PROYECCIONES DEL MERCADO DE NUEVOS MATERIALES
(Millones de dólares a precios de 1981)

Nuevo material	1981		2000	
	Nuevo	Nuevo	Actual	Total
Polímeros funcionales de alto rendimiento	906.9	6 801.5	2 267.2	9 068.6
Cerámica fina	906.9	8 615.2	8 615.2	17 230.4
Materiales metálicos	453.4	6 801.5	10 428.9	17 230.4
Materiales compuestos	0.0	2 267.2	0.0	1 813.7
T o t a l	2 267.2	24 485.4	21 764.8	46 250.1

* A las cantidades, en billones de yenes de 1981, se les aplicó el tipo de cambio promedio del periodo: 220.54 yenes por dólar.

FUENTE: Japan External Trade Organization (JETRO), *Boletín sobre la industria y Tecnología del Japón*, edición especial, núm. 22, 1984.

⁷ cfr. CONACYT. *Revista Investigación Científica y Tecnológica*, núm. 130 pp. 42 y 46; y periódico *Excelsior*, julio 4 de 1987, p. 4F.

⁸ Roger Magar, *op. cit.*

Una estimación más reciente establece que el consumo de cerámicas, uno de los cuatro grupos en el que es conveniente clasificar a los nuevos materiales, fue de 1980 a 1985 de cuatro mil

millones de dólares anuales, y que en 1990 llegará a 10 mil.⁹

II. Limitaciones para el campo tecnológico basado en nuevos materiales

18. Existen limitaciones en la introducción de nuevos materiales en el proceso económico, mismas que se traducen finalmente en formas particulares de desarrollo de las tecnologías y de la estructura de la planta productiva, determinando de esa forma la generación y distribución del excedente. En seguida trataremos muy someramente estas limitaciones.

19. La primera es que la tecnología necesaria para la aplicación del nuevo material no está disponible o no existe: Un ejemplo es el de la computadora fotónica, ya mencionada más arriba; a pesar de que se dispone ya de las fibras ópticas y cristales electroópticos, no se cuenta con el desarrollo tecnológico de conmutadores ópticos y circuitos, entre otros elementos, que permitan realizar la aplicación.

20. El problema inverso al anterior es que en algunas ocasiones se tienen identificadas las características deseables para el nuevo material, pero éste no se ha desarrollado. Es el caso de los polímeros funcionales, que se diseñan para cubrir ciertas necesidades específicas. La limitación radica en la relación ciencia básica-ciencia aplicada que no se encuentra en un grado suficiente de desarrollo en el conocimiento de la materia.¹⁰

21. Una restricción de carácter económico muy importante, que ha impedido la amplia difusión de los nuevos materiales, es que aunque estos mejoran las propiedades de ingeniería de los materiales tradicionales, los costos de introducción de la tecnología de proceso y el costo mismo del nuevo material son altos y el mercado reducido, por lo que la recuperación de la inversión es lenta y riesgosa.

22. La investigación, desarrollo y aplicación de nuevos materiales se realiza en las grandes empresas (IBM, AT&T, Hitachi, Sony, Fujitsu, etc.), que en su mayoría tienen altos activos fijos por amortizar. Esta situación la resuelven usualmente reteniendo un tiempo las innovaciones que impliquen altas inversiones y obsolescencia, modulando de esa manera el ritmo de cambio de materiales en la esfera productiva.

23. En los países subdesarrollados, además de

que se presentan agudizados estos problemas, existe poca actividad de investigación y desarrollo y los costos de oportunidad son más altos. El presupuesto gubernamental es insuficiente y se canaliza prioritariamente a las universidades, que generalmente no tienen programas de vínculo con la industria privada, mientras que ésta, tal vez con excepción de algunas empresas transnacionales, no le dedica prácticamente ningún recurso.¹¹

III. Impactos económicos esperados de los nuevos materiales en las economías desarrolladas

En términos generales se pueden plantear los siguientes impactos derivados de la investigación, desarrollo y aplicación de nuevos materiales en las economías desarrolladas:

24. La introducción de nuevos materiales en la esfera de la producción, nos remite directamente a un proceso de sustitución en gran escala, tanto de insumos como de tecnologías. Se continuará y agudizará este proceso de sustitución de materiales tradicionales de uso masivo como el cobre, aceros de baja gradación, materiales de construcción, metales, materiales estructurales, etc. Se tienen ya en este momento los primeros desarrollos de motores de cerámica, bobinas superconductoras, estructuras de transmisión de automóviles, casas habitación de plástico, etcétera.

25. La sustitución de materiales tradicionales propiciará cambios en la estructura de extracción primaria y en la industrial, y en general en la estructura económica de los países desarrollados, adaptándose a las nuevas necesidades. Este cambio es quizá el más significativo efecto económico de los nuevos materiales pues equivale al abandono de la explotación de materiales tradicionales y en general a que la cadena productiva se ajuste tecnológicamente a las propiedades de ingeniería de los nuevos materiales.¹²

26. La sustitución de motores de acero por cerámicos ilustra la magnitud del cambio estructural que se avecina en la producción: Hacia atrás, la introducción de los motores cerámicos propiciará que la demanda de aceros para motores disminuya, con los consecuentes efectos sobre la explotación de mineral de hierro y la industria del acero. Hacia adelante las herramientas y equipo para el mantenimiento y servicio de motores tendrá que cambiar en función de las nuevas cualidades de los motores. Por otro lado, la inclusión de bobinas superconductoras en motores eléctricos.

⁹ Roger Magar, en la ponencia citada, pronostica también crecimientos explosivos en los consumos de materiales compuestos.

¹⁰ Al respecto, Carlos Rangel, *op. cit.*

¹¹ Para el caso mexicano *cfr. El Financiero*, agosto 7 de 1987.

¹² Algún desarrollo de esto se tiene en UNIDO, *op. cit.* p. 43.

en lugar de la tradicional a base de alambre de cobre, ocasionará que la demanda actual de éste, ya de por sí afectada por la introducción de aluminio en procesos que requieran cobre originalmente, disminuya y se favorezca la de cerámicas superconductoras. Tal fenómeno alterará la cadena de producción de cobre y sus productos y hará surgir la de superconductores y productos derivados.

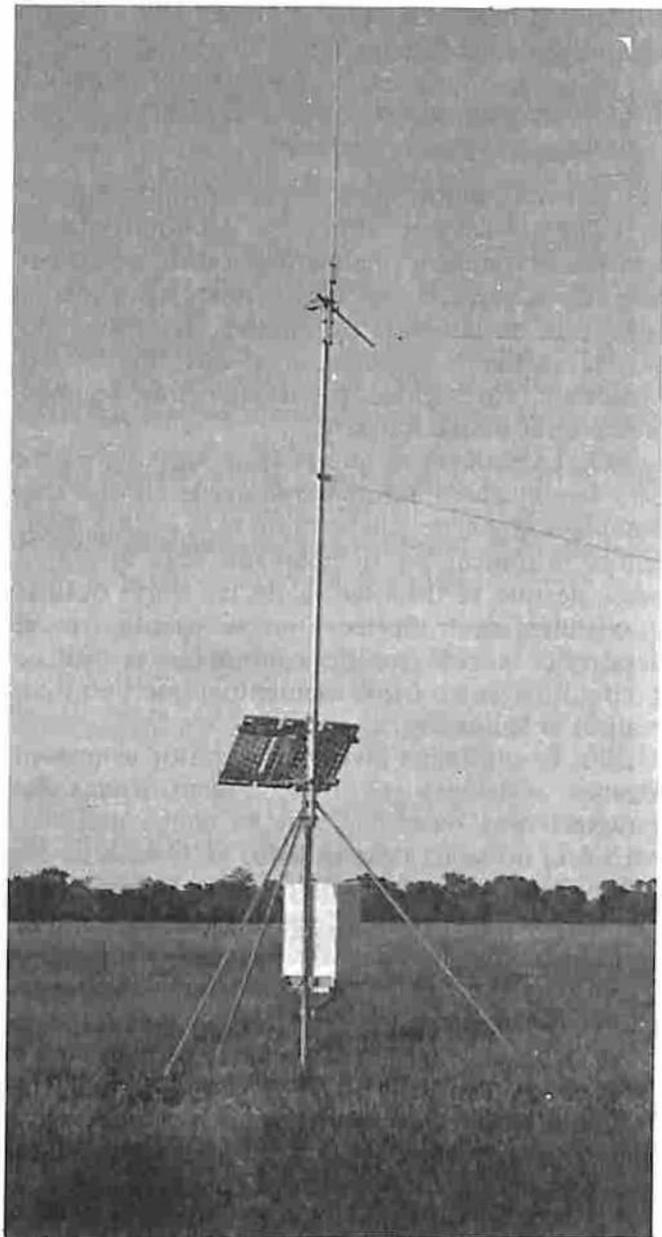
27. Los nuevos materiales son productos intensivos en conocimientos, más eficientes que los tradicionales y menores consumidores de energía e insumos, y la intención de los procesos de investigación y desarrollo es seguir empujando en la misma dirección. Esto se reflejará en una reducción de la participación relativa de la industria de transformación en el Producto Interno Bruto y el aumento correlativo del llamado "sector cuaternario", característica esencial de la tercera revolución científico-tecnológica por la que transitamos.

28. Asimismo, dado que hablamos de materiales intensivos en conocimientos y con usos frecuentemente muy específicos, se incrementará el empleo de personal calificado y el desplazado por la mayor eficiencia y menor uso de insumos de los nuevos materiales, no se compensará con el creado por inversión en nuevos productos.¹³

29. Otra consecuencia derivada de la introducción y difusión de los nuevos materiales que reducen costos, aumentan la eficiencia y posibilitan nuevas aplicaciones, se espera sea la expansión de la frontera económica; esto es, la incorporación al mercado de áreas actualmente marginales, debido a su bajo ingreso o por poseer materias naturales no susceptibles de explotación con la tecnología tradicional.

30. Un ejemplo claro de la incorporación de áreas marginales por aplicación de nuevos materiales, sería el de los superconductores. Estos tienen la posibilidad, al menos teóricamente, de ser usados muy eficientemente como acumuladores ("cisternas") de grandes cantidades de energía, viabilizando tecnologías de generación de energía eléctrica que hasta ahora son ineficientes respecto a las tradicionales: solar, eólica, mareas, etc. Esto permitiría electrificar y comunicar áreas de población escasa y dispersa, como las rurales, ampliando sus capacidades productivas y de consumo.¹⁴

31. Por último, el carácter intensivo en conocimientos, la cantidad de recursos financieros y especializados que involucra la investigación y



desarrollo de nuevos materiales y su diseño "a la medida" en buena parte de los casos, han propiciado el monopolio del nuevo material y lo seguirán haciendo, aunque el universo de sus aplicaciones sea creciente y cada vez un mayor número de empresas los utilice. Esto significa que los "núcleos de control" existentes se fortalecerán.

IV. Impacto esperado de los nuevos materiales sobre las relaciones económicas internacionales

32. A nivel internacional la posesión de nuevos materiales se traduce en competitividad si estos sustituyen con ventaja en precios y cualidades a otros materiales. Esto es, amplía las posibilidades de competencia internacional en términos del nuevo material mismo, nuevos productos, o pro-

¹³ Al respecto *cfr.*, *Revista Scientific American*, octubre de 1986, p. 43.

¹⁴ *cfr.* CONACYT. *Revista Ciencia y Desarrollo*, núm. 74, p. 23.

ductos ya comercializados pero mejorados con los nuevos materiales.

33. Como reacción se ha generado una actitud de protección del desarrollo de nuevos materiales, que se espera se prolongue y amplíe durante un largo periodo como forma de reservarse la ventaja de llegar primero o de garantizarse el liderazgo, pues en última instancia esto afecta favorable o desfavorablemente la balanza comercial de un país.

34. Una expresión de tal acontecimiento se presentó a raíz de la difusión del descubrimiento de los superconductores cerámicos en 1986, por científicos de IBM, lo que ha desatado una verdadera guerra entre Estados Unidos y Japón, sintetizado en *Excélsior* el 4 de julio de 1987:

En febrero, cuando los físicos estadounidenses informaron de un importante adelanto, los investigadores nipones se enfrascaron para duplicar el resultado. . . En tanto Estados Unidos ha estado arriba y abajo en la investigación, Japón ha trabajado en forma estable para desarrollar esta tecnología desde la década de 1950 como resultado de las políticas de ahorro energético, dijo el físico (Shoji Tanaka, profesor de la Universidad de Tokio). . . un promotor de la investigación cooperativa de ambas naciones. Otros. . . exudan confianza de que el país (Japón) asuma el liderazgo. . . Itsuya Muta, físico de la Universidad de Saga, señaló que Japón se ha mantenido firme en sacar la tecnología de los laboratorios para trasladarla a los mercados. Informó que las compañías ya han empezado a formar unidades que apliquen sus años de investigación básica en la cerámica compuesta. . . El universitario de Tokio, Tanaka, manifiesta su emoción con inquietud hacia la sobre-reacción estadounidense respecto al reto de los japoneses en superconductividad. Al señalar que los congresistas remitieron una iniciativa de ley tendiente a proteger el liderazgo estadounidense en el campo. . . Tanaka pertenece a un grupo de estudios formado por 20 miembros, organizado por el Ministerio de Comercio Internacional e Industria (MITI), que se reúne varias veces por mes para discutir la dirección que toman las investigaciones niponas de la superconducción. . .

35. De tal manera, los países desarrollados se encuentran inmersos, y así continuarán por un buen tiempo, en un nuevo tipo de proteccionismo científico-tecnológico, por el carácter estratégico de los nuevos materiales en relación a un desarrollo autónomo y la posibilidad de conservar y ampliar los mercados externos.

36. Además, como explicamos en los apartados 29 y 30, los países subdesarrollados, áreas marginales de mercado por problemas de ingreso y deuda externa, caerán de nuevo en la clasificación de mercado potencial para el país desarrollado. Es decir, se espera se reduzca por esta vertiente el cinturón marginal de los países desarrollados.

37. Otro efecto importante se tiene sobre los flujos y el comercio internacional. La sustitución de materiales tradicionales, sobre todo por las grandes potencias actuales, implica que el origen y destino de los flujos materiales internacionales y sus aplicaciones industriales cambie en función de como se desarrollen e introduzcan en el proceso productivo los nuevos materiales, afectando principalmente a los países subdesarrollados.

Esto es patente desde ahora con los flujos de energía tradicional (petróleo), con el cobre y otras materias primas que abastecen los países periféricos a los centrales. En un futuro cercano se afectarán también, entre otros, los flujos comerciales de manufacturas como motores de metal, que serían sustituidos por motores cerámicos, petroquímicos estandarizados para usos masivos por polímeros funcionales de usos específicos, materiales de construcción por polímeros, etc.

38. Dado este cambio estructural en la oferta y la demanda de las economías desarrolladas, las economías subdesarrolladas tendrán que seguirlo si seleccionan el camino del desarrollo con motor en el exterior; es decir, para ser competitivo internacionalmente y no perder posiciones tendrán que montar fábricas que produzcan motores cerámicos, etc., con la reacción en cadena consecuente sobre nuestra estructura productiva.

39. Las consecuencias negativas sobre las variables macroeconómicas de las economías subdesarrolladas en este caso serán más fuertes y abruptas que en las economías desarrolladas; es decir, el empleo, la inversión, el crecimiento, la productividad, etc., y problemas financieros de las economías periféricas, para un desarrollo autónomo y competitivo, se verán acentuados.

40. Esto significa que evitar la erosión de los mercados internacionales de los países subdesarrollados requiere cambios en su estructura productiva total, que van mucho más allá de una reconversión limitada al área industrial.¹⁵

41. Es poco probable que podamos tener un cambio estructural de tal profundidad, por lo que la heterogeneidad estructural entre el bloque dominante y el dominado se acentuará, con la consecuente apertura de la brecha económico-social existente entre ambos bloques de naciones.

¹⁵ *cfr.* UNIDO Secretariat, *op. cit.* p. 7.