

Este texto está copiado de la versión en castellano del libro, cuyo título es “Socialismo y medio ambiente”, editado en 1976 en Barcelona, por la Editorial Gustavo Gili S. A.

“La crisis energética”, escrito por Malcolm Caldwell, es el tercer capítulo del libro “Socialism and Environment”, publicado por Spokesman Books, de la Bertrand Russell Peace Foundation Ltd., en Inglaterra en el año 1972. Malcolm Caldwell murió asesinado pocos años después de publicarse este libro (ver Wikipedia). Los otros capítulos son: I. Política y tecnocracia, por Robert Jungk; II. Ruptura y protección del medio ambiente, por Karl William Kapp; IV. La inviabilidad del capitalismo, por Colin Stoneman; V. Socialismo y medio ambiente, por Ken Coates.

La crisis energética

Malcolm Caldwell

Malcolm Caldwell es el autor de *Oil and Imperialism*, entre otros varios trabajos centrados en Asia sudoriental. Es profesor en la Escuela de Estudios Orientales y Asiáticos de la Universidad de Londres, y edita el *Journal of Contemporary Asia*.

*Die Energie der Welt is constant
Die Entropie strebt einem maximum zu.*
(Rudolf Clausius)

El petróleo es uno de los combustibles fósiles. Otros combustibles fósiles importantes son el carbón y el gas natural. Estas pueden parecer sustancias tan comunes y abundantes que es posible que creamos no tener que pensar más en ellas. Pero de hecho, los recursos en combustibles fósiles definen los límites del progreso humano y de las perspectivas humanas en la Tierra. Hemos llegado a depender de los combustibles fósiles de incontables modos, sin contar con las reservas suficientes. Puesto que los combustibles fósiles son limitados y actualmente estamos descubriendo, de un modo algo doloroso, cuán limitados son. La lección será confirmada aún más durante la existencia de todos los que hoy estemos vivos.

Los combustibles fósiles fueron producidos por una «imperfección accidental»¹ en los ciclos e intercambios que gobiernan la biosfera.² La energía que sustenta toda la vida terrestre originalmente es solar. Por un medio u otro, a lo largo de toda la historia de la Tierra, se la ha fijado, es decir, capturado para la energía de la biosfera. La biosfera moderna «...tuvo probablemente su origen hace dos mil millones de años, con la evolución de organismos marinos, que no sólo podían fijar la energía solar en compuestos orgánicos, sino que también lo hacían dividiendo la molécula de agua y liberando oxígeno».³ Así, gradualmente, se acumuló una atmósfera que podía sustentar formas de vida más complejas, permitiendo que el proceso revolucionario siguiera hasta el punto del desarrollo del Homo Sapiens.

La energía radiante del Sol es usada por las plantas en el proceso llamado fotosíntesis, para convertir el bióxido de carbono y el agua en hidratos de carbono. Al mismo tiempo, se libera oxígeno a la atmósfera. El proceso es efectivamente reversible cuando las plantas son ingeridas por los animales o entran en descomposición: el oxígeno es usado para convertir los hidratos de carbono en energía y bióxido de carbono y agua. Normalmente, las cantidades de oxígeno y bióxido de carbono de la atmósfera conservan más o menos un equilibrio. Sin embargo, hay «pequeños desequilibrios a largo plazo»⁴ en el ciclo del carbono, y éstos, en los últimos quinientos millones de años, han sido los responsables de proporcionarnos nuestra herencia de combustibles fósiles. Una pequeña parte de animales y plantas en descomposición quedó enterrada en sedimentos o en barro, que impedían una oxidación completa. Varios cambios químicos los transformaron en carbón, petróleo, gas natural, lignito, alquitrán y asfalto. Es verdad que los procesos que culminaron en nuestras actuales reservas de combustibles fósiles continúan, pero el lapso de su funcionamiento es tan largo que, en la práctica, podemos decir que los combustibles fósiles son un recurso no renovable o capital.

Existe una falta de apreciación general respecto a las implicaciones de este estado de hechos. Podemos resumir lo que sigue muy sencillamente: el alto nivel de vida que muchos disfrutaban en los países industrializados y una élite en otros lugares se basa en el consumo de combustibles fósiles. Las reservas de estos combustibles fósiles son inadecuadas para posibilitar la generalización de este alto nivel de vida a todos los habitantes del mundo. Y no hay ninguna fuente de energía inanimada que pueda reemplazar a los combustibles fósiles cuando se provoque su extinción, aproximadamente en el siglo venidero. Es en este contexto que debemos ver la actual pugna mundial por el petróleo, como uno de los combustibles fósiles más flexibles y económicos. Los países ricos deben tener reservas de petróleo garantizadas para mantener el ritmo de su crecimiento económico; los países pobres, por otra parte, se dan cuenta de que si pretenden tener alguna esperanza de dar un nivel de vida tolerable a la masa de sus habitantes, tienen que conservar sus recursos petrolíferos para sus propios fines. La contradicción se acentuará inevitablemente.

Hay dos tipos de energía: la animada y la inanimada. El consumo mínimo de energía humano *per capita* es lo que se requiere en alimentos para mantener vivo a un hombre, es decir, alrededor de 2000 kilocalorías o 100 watts (térmicos) por día.⁵ A través de toda la historia humana, el hombre ha buscado complementar su propia potencia muscular y su perseverancia aprovechando otras fuentes de energía para sus propósitos. El modo más simple de conseguirlo era capturar esclavos y ponerlos a trabajar, o domesticar animales como caballos y bueyes y usarlos para llevar a cabo tareas pesadas. En toda la Antigüedad, estas funciones de energía animada constituyeron la mayor proporción de «primeros móviles».⁶ Pero desde tiempos bastante antiguos hay evidencias de conocimientos y aprovechamientos de primeros móviles inanimados, tales como el agua y el viento. Los molinos de agua se conocían en tiempo de los romanos y tuvieron gran significación económica en toda la Edad Media. Hay referencias a molinos de viento en Oriente Medio, hace aproximadamente unos mil años, pero se introdujeron en Europa en fechas posteriores.⁷ El uso de velas para impulsar a las naves, por supuesto, es un ejemplo del aprovechamiento de la energía inanimada, y el éxito de las potencias de la Europa occidental en el desarrollo de embarcaciones oceánicas a vela contribuyó mucho a su expansión y al establecimiento del dominio mundial desde el siglo XV en adelante.⁸

Sin embargo, tanto el agua como el viento tienen limitaciones. Esto es verdad especialmente respecto a la localización y a un caudal de energía constante y seguro. Por tanto, aunque lo mismo el viento que el agua tuvieron un papel importante en la historia económica,

sus limitaciones aseguraban que con el tiempo, si el hombre realizaba más progresos materiales, tendrían que ser superadas como fuente de energía. En el siglo XVI, la tecnología que habían ayudado a desarrollar necesitaba un primer móvil más abundante y flexible.⁹ Después de muchos experimentos, se la encontró en la fuerza expansiva del vapor. El primer motor condensador de Thomas Savery se patentó en 1698, y esta fecha «...puede ser considerada como decisiva en la historia del hombre y la energía».¹⁰

Se extrajo carbón ininterrumpidamente durante unos ocho años, pero sus usos, en un comienzo, estuvieron restringidos más o menos a la calefacción doméstica. La fuerza expansiva del vapor era conocida por los griegos y los romanos, pero no se desarrolló en términos prácticos posiblemente por la institución de la esclavitud, que proporcionaba una fuerza barata.¹¹ La necesidad de bombear agua de las minas, cada vez más profundas, fue lo que impulsó a la aplicación práctica de la fuerza de vapor. Los primeros motores a vapor fueron torpes e inadecuados, pero sus sucesores se perfeccionaron y mejoraron mucho. Pero «...ya a comienzos del desarrollo de las máquinas térmicas como primeros móviles se descubrió teóricamente que hay un límite natural absoluto en la fracción de calor que puede convertirse en trabajo. El primer esbozo de la Ley del Límite de la Naturaleza, ahora conocida con el nombre de Segunda Ley de la Termodinámica, fue publicado por un científico francés, Sadi Carnot (1796 – 1832)».¹² Al igual que la finitud de los combustibles fósiles, la Segunda Ley de la Termodinámica apenas figura en la discusión política y económica convencionales, ya sea en la derecha o en la izquierda.

Con los eficientes motores a vapor, se transformó la industria. La productividad aumentó constantemente en los países que se embarcaron en la industrialización y los niveles de vida también, aunque con cierto retraso. La minería de carbón se transformó en una de las principales industrias y los países bendecidos con mayores reservas de carbón de buena calidad, en yacimientos fácilmente explotables, contaron con una gran ventaja. La energía consumida por persona aumentó rápidamente:¹³

Año	Población en millones (Gran Bretaña)	Toneladas de carbón por persona
1800-1801	8,9	1,1
1830-1831	13,9	2,1
1850-1851	17,9	3,1
1952-1953	49,0	~ 5

Gran Bretaña, como precursora de este proceso de industrialización logrado por el aprovechamiento de la fuerza del vapor al servicio del hombre, construyó y consolidó un imperio mundial. Era un imperio fundado en el carbón, tal como imperios anteriores se habían fundado en la explotación de otros minerales.¹⁴ Los países que consiguieron seguir a Gran Bretaña en el curso del siglo XIX y comienzos del XX, poseían por lo general una reserva carbonífera adecuada.¹⁵ La extracción de carbón comenzó a descender dramáticamente desde 1850. En 1870, la producción iba a un ritmo de unas 25 000 000 de toneladas métricas por año. Un siglo después, la producción anual era de unos 2 800 000 000 de toneladas.¹⁶ Pero el ritmo de aumento decrece ahora, puesto que el petróleo reemplaza poco a poco al carbón: de 4,4% en el siglo XIX a 3,6% en éste. Pese a esto, y a que se ha extraído carbón durante ochocientos años, la mitad de todo el carbón extraído durante ese período se extrajo en las tres últimas décadas.¹⁷

Los motores a vapor, por más que se mejoraran, no podían reducirse más que hasta cierto tamaño. Esto era una limitación para sus aplicaciones, por ejemplo, en pequeñas unidades que exigieran flexibilidad y movilidad, como los «coches sin caballos». El motor de combustión interna solucionó este problema. Y éste consumía otro combustible fósil: el petróleo. El motor de combustión interna a petróleo de Otto apareció en 1876.

Se había extraído petróleo crudo antes del desarrollo del motor de combustión interna, para propósitos tales como la iluminación. Pero la minería fue escasa aún hasta 1890. Sin embargo, desde fines del siglo XIX, la extracción ha aumentado con rapidez, duplicándose aproximadamente cada diez años y sin mostrar ninguna tendencia a disminuir, sino al contrario. Cada vez más, en los países avanzados, el petróleo ha reemplazado al carbón como fuente principal de energía inanimada. En América, por ejemplo, el petróleo y el gas constituían sólo el 7,9% del total en 1900, por un 67,9% en 1965 (mientras que la contribución del carbón disminuyó en el mismo período del 89 al 27,9%).¹⁸ La producción acumulativa de petróleo de la mitad del mundo se produjo durante los doce años de 1956 a 1968; la mitad de la producción americana tuvo lugar en los dieciséis años de 1952 a 1968.¹⁹ De hecho, la mayor parte del consumo mundial de energía en combustibles fósiles, durante toda su historia, se produjo en los últimos veinticinco años.

El petróleo aumentó en gran medida la energía a disposición del hombre. Vimos que la necesidad mínima de energía era de 2000 kilocalorías o 100 watts (térmicos) por día. Hoy, el uso de energía *per capita* en Estados Unidos es de 10 000 watts por día y la cifra aumenta en aproximadamente el 2,5% por año.²⁰ En Noruega, la energía eléctrica disponible *per capita* es de 5500 kWh por año; en la India, la cifra equivalente es de 21 kWh. En los países que han conseguido utilizar sus propios recursos energéticos y dominar los recursos energéticos de otros (como los productores de petróleo), los niveles de vida han mejorado notablemente en los últimos cincuenta años. Podemos comparar los perfiles de un país con elevado consumo de energía con los de un bajo consumidor de energía, para ejemplificar claramente este extremo:

País	Tasa de defunciones por 1000	Tasa de mortalidad infantil por 1000	Porcentaje de analfabetismo	Expectativas de vida	PNB per capita (\$ USA)
Noruega	9,2	16,8	0-1	73	1710
India	18,0	139,0	70-75	45	90

(Fuente: Hoja de Datos del Population Reference Bureau, 1969)

No podemos pasar por alto el acentuado contraste: «...la correlación del uso de energía *per capita* de una nación con su nivel de desarrollo económico es casi lineal».^{20 a}

Ahora bien, durante mucho tiempo se ha supuesto popularmente que, con el tiempo, los confortables niveles de vida característicos en la mayoría de los habitantes de los países industrializados se extenderán hasta que una parte cada vez mayor de la humanidad comparta los beneficios de la revolución energética inaugurada por la combustión generalizada de los combustibles fósiles. Trataremos ahora esta suposición, puesto que tiene una importancia decisiva en el actual debate sobre el petróleo.

El elevado nivel de vida de la mayoría de las personas en los países desarrollados y de la minoría de ricos en los llamados «países en vías de desarrollo» reposa, repetimos, en la combustión de combustibles fósiles. Los pobres de los países ricos y la masa de habitantes de

los países de Asia, África y América Latina quedan postergados en el proceso de desarrollo asociado con un aumento, en el último siglo, del 4% por año en el consumo global de carbón, petróleo y gas natural. Es muy sorprendente que se pase por alto con tanta frecuencia la magnitud del problema. En este momento, dos de cada tres personas de la población mundial aún viven una vida sin electricidad.²¹ Esto representa unos 2 400 000 000 de seres humanos: casi la misma cifra que la población mundial de hace veinte años y tres veces la población mundial cuando comenzó la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII. Para estos dos tercios, que aún están virtualmente limitados al empleo de la energía animal y cuya cantidad, en términos absolutos, aumentará en 40 000 000, ó 50 000 000 por año, la cuestión acuciante es: «¿Cuándo comenzarán a elevarse de modo apreciable nuestros niveles de vida?» Pero quizá la pregunta debería replantearse así: «¿Pueden subir apreciablemente nuestros niveles de vida?»

Una respuesta a esta cuestión exige que analicemos los siguientes factores implicados: la adecuación y disponibilidad global de los combustibles fósiles; las posibles fuentes alternativas de energía inanimada, como la energía nuclear; y las características especiales de los combustibles fósiles que los hacen tan estratégicos y significantes. Como conclusión intentaremos un breve resumen de las implicaciones de este análisis.

En el transcurso de los años se han realizado muchos intentos de calcular las reservas de combustibles fósiles. Naturalmente, hubo bastantes variaciones, pues muchas lagunas en la información tuvieron que llenarse con cálculos más o menos aproximados. Sin embargo, la creciente sofisticación de las técnicas en los últimos años redujo parte de la incertidumbre. Al mismo tiempo, el aumento de la población y la independencia ganada por las antiguas colonias ha dado mayor urgencia y extensión geográfica a las exploraciones. Creemos que, a continuación, hemos reunido las mejores estimaciones existentes.

El carbón tiene una distribución despareja. Algunos yacimientos están tan mal localizados que de hecho no son económicos. Otros tienen bajo grado, o bien son inadecuados para el propósito local en que se desea aplicar el carbón. El cuadro inferior muestra lo mal distribuido que está el combustible.²²

Cálculo aproximado del total de reservas originales de carbón en el mundo, por continentes (1) en miles de millones de toneladas

Continente	Reservas determinadas por mapas y explotaciones	Reservas adicionales probables en zonas inexploradas	Reservas totales calculadas
Unión Soviética	6 500	3 000	9 500
Norteamérica	1 720	1 000	4 600
Asia	500	1 000	1 500
Europa	620	210	830
África	80	160	240
Oceanía	60	70	130
América del Sur	20	10	30
Total	9 500	7 330	16 830

1. Reservas originales en la tierra, en yacimientos de un espesor de 12 pulgadas o más, y generalmente a menos de 4000 pies bajo la superficie, pero incluyendo a pequeñas cantidades entre 4000 y 6000 pies. (Fuente: Adaptado de P. Averitt, *Coal resources of the United States*, 1/1/1967, U.S. Geology Survey Bull 1257, y J. A. Hodgkins, *Soviet Power: Energy Resources, Production and Potential*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 1961).

El cuadro ilustra, entre otras cosas, cuán importante es que Asia –con más de la mitad de la población mundial – conserve para su propio uso cada gota de petróleo que se encuentre en sus territorios, puesto que sus reservas de carbón en relación a la población no son ventajosas.

¿Cuánto puede durar el carbón? Aquí nos topamos con una buena cantidad de imponderables. Pero primero consideremos una evaluación teórica, basada en los mejores datos disponibles y las últimas técnicas proyectivas para el ciclo completo de producción de un recurso consumible.²³ Usando este método, la conclusión es que, si el carbón se usa principalmente para energía (en lugar de otros usos, como por ejemplo materia prima en la industria petroquímica), «... el tiempo necesario para agotar un 80% de las reservas de carbón mundiales sería de trescientos a cuatrocientos años (pero sólo de cien a doscientos años si se usa carbón como principal fuente de energía)».²⁴

Nos parece importante a tener en cuenta los siguientes puntos de esta conclusión. En primer lugar, puesto que el plazo para el petróleo es aún menor que para el carbón, y todas las alternativas energéticas sugeridas son dudosas (como veremos más adelante), debemos tomar el cálculo menor. En segundo lugar, es muy importante notar que con un período de consumo de cien a doscientos años para un promedio del 80% (podemos eliminar los largos períodos de tiempo necesarios para producir los primeros y últimos 10% de la producción total general), la producción *máxima* deberá producirse en los últimos cincuenta o cien años; puesto que no cabe esperar que la demanda descienda al descender la producción de carbón, la crisis será muy aguda. En tercer lugar, ¿qué sucederá con los usos complementarios del carbón? A las materias orgánicas (madera, fibra natural) e inorgánicas (piedra, metales) para la fabricación de herramientas, vivienda y vestido, hemos agregado materias sintéticas (plásticos, nylon); pero éstas se obtienen, en general, de los combustibles fósiles.²⁵ Los plásticos y las fibras sintéticas constituyen un sector de las economías industrializadas que crece en un ritmo mucho mayor al promedio. En las últimas dos décadas, ambas aumentaron en más de un 50% como componentes de la demanda final, como se refleja en el PNB norteamericano.²⁶ Al acabarse el petróleo, tendrá que dedicarse cada vez más carbón para alimentar a este sector de rápido crecimiento, acelerando así las proyecciones dadas hasta ahora. En realidad, ya se ha planteado el acertado interrogante de «... si el petróleo o el gas deben seguir usándose como combustibles, ya que ambos tienen tanto valor químico»²⁷ y se ha establecido que «... algunos químicos orgánicos consideran que la combustión de combustibles fósiles para la producción de energía es uno de los usos menos deseables para estas grandes moléculas orgánicas. El petróleo y el carbón tienen muchos otros usos en áreas tan distintas como la lubricación y la producción de plásticos».²⁸ Además, está toda la cuestión de las síntesis de proteínas, que aún puede tener un papel crucial en la resolución de los problemas de nutrición de la humanidad, y aquí también el carbón y el petróleo son componentes esenciales.²⁹ Aunque esta enumeración sea parcial, nos vemos obligados a concluir que la menor de las dos proyecciones es demasiado optimista.

Sin embargo, tales consideraciones son un enfoque artificial de los problemas reales, puesto que el mundo aún está dividido en estados soberanos más o menos antagonistas y egoístas, algunos detentadores de amplios recursos de carbón previsible para el futuro (como la Unión Soviética), y otros aparentemente más o menos desprovistos de reservas (por ejemplo, algunos países de Latinoamérica, África y del sudeste de Asia). Así, al problema de la reserva total debe agregarse el de la distribución, un problema compuesto de riqueza, poder y dominio de los recursos por un lado, y de pobreza, dependencia neocolonial y cesión de reservas por otro; dicho de otro modo, un problema de imperialismo.

Los estudios sobre reservas de petróleo han sido, al menos, aún más numerosos y exhaustivos que los realizados sobre el carbón. Hay una cantidad de razones que lo justifican. En primer lugar, como hemos señalado, los actuales países industriales se vieron impulsados por el carbón, y en el transcurso de los años han agotado sus vetas más accesibles (y, por tanto, más económicas); frente a las estrategias alternativas de importación, tuvo mucho más sentido para ellos el importar petróleo que carbón, hasta para los usos tradicionalmente cumplimentados por el carbón. En segundo lugar, en todo caso las cambiantes necesidades de la economía industrializada dictaron una mayor dependencia del petróleo,³⁰ del que carecían la mayor parte de los países implicados;³¹ se sabía bastante sobre la ubicación de los yacimientos de carbón doméstico, aunque ya no fuera una propuesta económica para el trabajo, pero existía cierta urgencia por establecer la ubicación del petróleo, en una situación de fuerte competencia, con la mayor frecuencia, en países que no tenían una soberanía real y, por tanto, expuestos a la explotación (puesto que, mientras que los países actualmente industrializados son, en términos relativos, ricos en carbón y pobres en petróleo, los países subdesarrollados, relativamente hablando, son pobres en carbón y ricos en petróleo).

«Mundo Libre» sin Estados Unidos	L.G. Weeks, 1962	W.P. Ryman, 1967
	(miles de millones de barriles USA)	
Europa	19	20
África	100	250
Oriente Medio	780	600
Lejano Oriente	85	200 ^a
Latinoamérica	221	225 ^a
Canadá	85	95
Total	1290	1390
Estados Unidos	270	200
Total «Mundo Libre»	1560	1590
Unión Soviética, China y «satélites»	440	500
Total mundial	2000	2090

(Fuente: W. P. Ryman, Deputy Exploration Manager, de la Standard Oil Company, Nueva Jersey.)

^a. Incluye zonas de la plataforma continental (y, en el caso del Lejano Oriente, obviamente refleja el antiguo trabajo de CCOP).

Hay cálculos tanto empíricos como teóricos de las reservas totales de petróleo. Ambos coinciden en lo esencial de la situación. Arriba reproducimos dos tabulaciones empíricas recientes de la «recuperación fundamental estimada» («Estimated Ultimate Recovery» EUR*) del petróleo crudo mundial por zonas geográficas (que, incidentalmente, ilustra nuestro comentario anterior sobre la distribución geográfica).³² [* EUR = Descubrimientos producidos + probados + probables + futuros]

El enfoque teórico se basa en una relación matemática observada entre la tasa de descubrimientos en una fecha y la consiguiente tasa de extracción en fecha posterior.³³ Sobre esta base, parece que «... la industria petrolífera de Estados Unidos, excluyendo Alaska, está ahora (1969) en la fase de la mayor tasa de producción de todos los tiempos, pero posiblemente no se pueda determinar una fecha exacta para este acontecimiento hasta cinco años después de que se haya producido». ³⁴ No necesitamos señalar la importancia que esto tiene para una comprensión de las urgentes actividades mundiales de los gigantes petroleros de Estados Unidos. Un promedio del 80% de la producción total de Estados Unidos por el mismo cómputo

llevaría tan sólo sesenta y cinco años (menos de una vida, según las expectativas de vida norteamericanas): los de 1934 a 1999.³⁵

Para el mundo entero, la misma fuente nos da dos estimaciones sobre el curso de la producción mundial. La primera, basada en un total absoluto menor, sugiere que el máximo de producción se dará aproximadamente en 1990, y el promedio de 80% necesitará sólo el período de cincuenta y ocho años comprendidos entre 1961 y 2019. El segundo, más optimista, da un máximo de producción alrededor del año 2000, con el promedio del 80% de la producción entre 1968 y 2032.³⁶ Es evidente que, sea cual fuere el cálculo que aceptemos, la Era del Petróleo que vivimos, indudablemente, es muy breve, y que los amargos conflictos internacionales por el control y los costos sólo harán que aumentar en los próximos años. Si continuamos basándonos en los combustibles fósiles, no será el petróleo lo que satisfaga nuestras necesidades tras un breve plazo. Nuestra propia opinión, basada en consideraciones semejantes a las expuestas anteriormente para el carbón, es que estos cálculos cuidadosos lindan con el optimismo. Además, debe señalarse que, debido a que la curva del ciclo de producción completo de un recurso agotable tiene la clásica forma de campana, mientras el crecimiento de la demanda del producto en cuestión es exponencial, las dos curvas se separan pronto, antes del punto de producción máxima y mucho antes del agotamiento.³⁷ En un sentido muy real, como esperamos que contribuya a demostrar este libro, ya estamos inmersos en la crisis.

Hay, por supuesto, otros combustibles fósiles, y los periodistas científicos y los optimistas tecnológicos se refieren a ellos con mucha frecuencia. Por tanto, tenemos que considerarlos brevemente. Se cita generalmente al gas natural. La producción máxima de Estados Unidos se prevé alrededor de 1980.³⁸ Las perspectivas mundiales no son tan claras, pero no se espera que el gas natural desempeñe más que un papel secundario, temporalmente importante en ciertas zonas, en la ecuación general de energía. Los líquidos de gas natural ofrecen un cuadro similar.³⁹ En lo que concierne al aceite de esquistos, la opinión autorizada señala que «... el contenido orgánico de los esquistos carbonáceos parece ser más prometedor como recurso de materias primas para la industria química que como fuente importante de energía industrial».⁴⁰ Considerando a todos ellos conjuntamente con el petróleo, se juzga que: «Si estas sustancias continúan usándose principalmente por su contenido energético, y si continúan abasteciendo a la mayor parte de necesidades energéticas mundiales, el tiempo requerido para agotar el promedio de 80% de los recursos fundamentales de la familia del petróleo – petróleo crudo, gas natural, líquidos naturales, aceite asfáltico, aceite de esquistos – será probablemente sólo de un siglo.»⁴¹

Una vez más, es importante destacar las implicaciones de este resumen. Es seguro que la familia del petróleo, además de abastecer energía, tendrá una demanda cada vez mayor para otros usos, como proporcionar materias primas para las industrias de plásticos, y de fibras sintéticas, dos de los sectores de mayor crecimiento de la economía mundial, como ya hemos indicado. Además, es probable que el petróleo figure como elemento básico en la investigación (y quizá la producción) de síntesis proteicas. Indudablemente, hay otros usos competentes que no conocemos. Pero en total, es probable que aceleren el agotamiento.

También deberíamos resaltar que la curva tiene forma de campana. Mucho antes de que se llegue realmente al máximo, en un plazo de unos cuarenta o cincuenta años (probablemente antes si la demanda continúa aumentando), los países más dependientes del petróleo, y especialmente los países más dependientes de las importaciones, tendrán que emprender una acción decisiva para asegurarse las reservas restantes e impedir que sus rivales accedan a ellas.

Obviamente, la lucha favorecerá a los más fuertes. Parece muy improbable, por todos los datos de la historia humana, que la batalla por las reservas de petróleo en extinción sea pacífica. El petróleo y el imperialismo están inextricablemente unidos en matrimonio profano.

Habiendo examinado brevemente la posición de los combustibles fósiles, debemos considerar ahora las fuentes alternativas de energía. Si pudiera demostrarse que uno y otro de los candidatos propuestos ofrece una perspectiva razonable de asumir el papel de los combustibles fósiles, entonces, por supuesto, la inevitabilidad y la intensidad de la próxima lucha por el petróleo disminuirá mucho. Postergaremos el examen del competidor más serio – la energía nuclear – hasta el final, y en primer lugar consideraremos las otras posibilidades frecuentemente sugeridas por los divulgadores científicos.

Podemos comenzar con la energía solar. La fuerza térmica solar interceptada por la Tierra es $17,7 \text{ por } 10^{16}$ watts, cien mil veces la capacidad de las actuales instalaciones eléctricas mundiales.⁴² Pero los problemas implicados en el aprovechamiento efectivo de esto parecen insuperables. El aprovechamiento indirecto, mediante el uso adecuado de la fuerza del viento y del agua, sólo puede hacer una contribución mínima al presupuesto de energía anual. El aprovechamiento directo tiene infinidad de problemas. Veamos algunos de ellos.⁴³ En primer lugar, la mejora artificial de la conversión fotosintética de la energía solar: aquí es verdad que la eficacia de la fotosíntesis puede aumentarse, pero el proceso «... no implica grandes promesas económicas para naciones que tienen un gran consumo de energía *per capita*».⁴⁴ En segundo lugar, el almacenamiento de energía solar en células fotovoltaicas o como energía química en productos formados por reacciones fotoquímicas: el juicio de los expertos es de que «el costo en capital del equipo es demasiado elevado en la actualidad como para sostener promesas de grandes suministros de energía por estos medios. Sin embargo, varias aplicaciones para usos menores permiten esperar una gran utilidad».⁴⁵ En tercer lugar, la calefacción solar: empleando la técnica del invernadero, la energía solar puede emplearse para la calefacción doméstica, y ya se usa en varios países, pero «aunque el calor de baja temperatura tiene un uso obvio para el control del clima doméstico, tiene poco valor como fuente de energía».⁴⁶ En cuarto lugar, los motores solares: pueden emplearse pequeños motores solares en aplicaciones como la alimentación de calderas, pero una vez más la opinión es de que «... el total de ahorro de energía probablemente no es demasiado grande».⁴⁷

Sin embargo, lo que piensa la mayoría de la gente, referente a la energía solar, es en una planta de energía solar-eléctrica. Nadie niega que esto sea una posibilidad *tecnológica*. No obstante, es difícil dejar de lado las objeciones. Por ejemplo, la luz del Sol debe recogerse en zonas muy grandes para que sirva de algo: «... la instalación de recogida para una planta generadora de electricidad con una capacidad de 1000 megavatios (fuerza suficiente para abastecer, quizás, a una ciudad de 1 500 000 habitantes), tendría que cubrir una zona de unas 16 millas cuadradas».⁴⁸ No necesitamos indicar que este requerimiento adicional de tierra, junto con los otros que ya presionan a nuestra limitada superficie terrestre, no sería nada bien recibido. Y una vez más, la posibilidad tecnológica del proyecto no puede tratarse aisladamente de los aspectos económicos: «... la complejidad de tal proceso, y su costo en términos de los metales y el equipamiento físico, químico y eléctrico requeridos, en comparación con las necesidades para el actual equipamiento termoeléctrico o hidroeléctrico de la misma capacidad, hace que esta empresa sea de dudosa realización. En la actualidad, por tanto, los principales usos de la energía solar, además de los procesos naturales de fotosíntesis y del mantenimiento de la circulación atmosférica, hidrológica y oceánica, parecen ser aplicaciones a pequeña escala y para propósitos específicos».⁴⁹

La energía de marea es una manifestación de esa fuerza del agua que «... representa la mayor concentración de fuerza solar que se produce en todo proceso natural...». ⁵⁰ Ya funcionan algunas plantas de energía de marea; en Francia y en la Unión Soviética, por ejemplo. Pero también aquí hay reservas, tanto por los problemas del costo como por la interferencia con el recorrido de la marea. ⁵¹ Además, los cálculos muestran que «... el potencial mundial en energía de mareas, si se desarrollara plenamente, sólo llegaría al 1% de su potencial de energía de agua y a una fracción aún menor de las necesidades energéticas mundiales...». ⁵²

Esto nos lleva a considerar la energía hidroeléctrica. Nos acuden inmediatamente a la mente imágenes de grandes presas sobre caudalosos ríos – el propio símbolo y la culminación del desarrollo económico de las últimas décadas –. Pero debemos introducir algunas observaciones críticas, de modo realista, e indicar una lista de reservas y limitaciones. En primer lugar, no se ha encontrado ningún modo realmente económico de almacenar la energía eléctrica generada por las plantas hidroeléctricas, excepto bombeando agua a reservas de gran altura, lo que implica alguna pérdida de la energía disponible, a cada nivel. ⁵³ En segundo lugar, ahora sabemos mucho más de los efectos secundarios inesperados del embalsamiento de ríos y de reunir aguas en grandes lagos artificiales tras barreras hechas por el hombre. Claire Sterling nos ha proporcionado, detallada y trágicamente, las consecuencias ecológicas, múltiples e imprevistas, de manipular la naturaleza en forma tan drástica. ⁵⁴ La presa de Asuán, que fue una vez el orgulloso símbolo de la independencia egipcia y de su urgencia de desarrollo, se considera ahora universalmente como una catástrofe. Las aguas ricas en limo que fertilizaban el Nilo Bajo están ahora retenidas. Las aguas sin limo erosionan las barrancas y las obras del curso inferior del Nilo. El lago artificial pierde por filtraciones, evaporación y cambios en el movimiento de las aguas subterráneas. La vida marina en el Mediterráneo oriental ha sido diezmada. La salinidad del suelo ha aumentado a niveles que amenazan con imposibilitar totalmente el cultivo de millones de acres. Las enfermedades mortales de la bilharzia y la malaria han aumentado en forma alarmante, como una compleja reacción ecológica a la cirugía que representa la presa. El limo retenido ha debido ser reemplazado por fertilizantes. Y la presa de Asuán no es un ejemplo aislado. En tercer lugar, las presas son, por supuesto, estructuras temporales, al menos desde el punto de vista de la generación de energía, puesto que llega un momento en que se sedimentan y se llenan. Finalmente está la cuestión nada despreciable de la estética, de «... si la gente desea sacrificar algunos de sus escenarios naturales más hermosos para desarrollar completamente la energía hidroeléctrica». ⁵⁵ Tomando en cuenta todos los factores, creemos correcto declarar que no podemos depender legítimamente de la energía del agua como sustituto para los combustibles fósiles, ni siquiera para el abastecimiento de energía eléctrica (más adelante veremos el significado de tales reservas).

Podemos deshacernos de los candidatos menores con más rapidez. Después de un cuidadoso examen científico, se ha llegado a la conclusión de que «... mientras la energía geotérmica puede alimentar gran cantidad de pequeñas plantas de energía en una cantidad limitada de localidades, aún representa sólo una pequeña fracción de las necesidades energéticas mundiales, y ello sólo durante un lapso limitado». ⁵⁶ También se ha propuesto la energía eléctrica atmosférica disipada en rayos, pero los científicos concluyen que «... los intentos de conservar la energía de los rayos no permiten tener grandes esperanzas de hacer contribuciones importantes a las necesidades energéticas mundiales». ⁵⁷ Finalmente, se ha discutido la posibilidad de aminorar las presiones en la Tierra mediante los viajes espaciales. Dejando aparte la cuestión de la inhabitabilidad de otros planetas (que es un importante argumento desfavorable), se llegaría a densidades como las de la Tierra en un período de cincuenta años en

Venus, Mercurio, Marte, la Luna y las lunas de Júpiter y Saturno, con la actual tasa de crecimiento de la población. De modo que el alivio, si existiese, sería muy breve. De todos modos, el problema de los costes elimina completamente toda la cuestión de los viajes espaciales, como muestra este simple cálculo: «Suponga que una pequeña nave espacial moderna como el Apolo, en vez de llevar tres hombres a la Luna pueda transportar 100 personas a un planeta por el mismo costo. Para mantener constante la actual población de la Tierra, tendríamos que exportar unos 70 millones de personas por año (suponiendo que no haya ningún cambio en la tasa de crecimiento). El hacerlo implicaría el lanzamiento de casi 2000 naves espaciales por día, un año sí y otro no. El costo, sin contar los gastos de reunir y de entrenar a los emigrantes, superaría los trescientos billones de dólares norteamericanos por día. Los lanzamientos de tres días equivaldrían al actual producto nacional bruto de Estados Unidos»⁵⁸ (lo que significa que los lanzamientos de seis días equivaldrían al PNB anual mundial). En todo caso, el costo energético superaría cualquier posible ventaja. Es suma, los viajes espaciales son otro ensueño periodístico.

Ahora debemos considerar seriamente la energía nuclear. Desde sus primeras etapas se han puesto las mayores esperanzas en esta innovación. Creemos que es correcto decir que hoy las esperanzas se tambalean, si no disminuyen. Pero el problema merece una discusión amplia.

Hay reacciones de fisión y de fusión. Las últimas son las más complejas y su realización controlada continúa siendo una religiosa aspiración: «... pocos científicos dedicados hoy al campo de la física del plasma están dispuestos a predecir si puede desarrollarse tal ingenio para generar energía *útil* en los próximos veinticinco años, y son los físicos del plasma quienes deben solucionar los problemas críticos».⁵⁹ Los problemas están resultando más difíciles de lo previsto, y podemos postergar tranquilamente cualquier proyecto de una utilización comercial efectiva de la fusión nuclear para energía social hasta el siglo XXI, si es que resulta posible alguna vez.

Por tanto, debemos centrarnos en la fisión nuclear. Los reactores de fisión se dividen en tres tipos: de combustión, convertidores y autorregenerables. Los reactores de combustión, que consumen el isótopo de uranio-235 fisible, producido naturalmente, tienen la objeción que hemos señalado anteriormente referente a la escasez de materia prima. Al tener conciencia de esta limitación condujo tempranamente a la investigación dirigida a la «conversión» y a la «regeneración». Estos procesos, en efecto, transforman materias que no son fisibles en sí mismas en isótopos que no existían antes que son fisibles. Estos materiales se denominan «fértil».⁶⁰ «Los neutrones necesarios para la conversión o la alimentación son los producidos en un reactor cuyo abastecimiento inicial de combustible es el uranio-235. Si se pone uranio-238 o torio-232 en tal reactor, algunos de sus átomos absorberán neutrones y se convertirán en los respectivos isótopos fisibles. La diferencia básica entre la conversión y la regeneración es que, mediante un reactor de conversión, se puede convertir sólo parte del material fértil en material fisible antes de que se agote completamente la reserva de éste. Mientras que en el reactor de autorregenerable se produce más material fisible del que se consume y es posible, en principio (*sic*), utilizar todo el abastecimiento de material fértil, siempre que haya el suficiente uranio-235 para iniciar el proceso».⁶¹

En la práctica, la mayor parte de las plantas de energía nuclear existentes o proyectadas con realismo, hasta hoy, han sido de combustión. Los responsables del suministro energético futuro son perfectamente conscientes de lo que esto implica respecto a las materias primas crudas. Milton Shaw, director de la División Norteamericana de Desarrollo y Tecnología de

Reactores, ha declarado que «cada día se hace más evidente cuán dependientes seremos de la exitosa introducción de reactores autorregenerables, para asegurarnos una energía eléctrica y una producción de calor prácticamente ilimitadas». ⁶² Sin embargo, hasta ahora, es evidente que los reactores autorregenerables económicos y factibles son aún un proyecto para el futuro, pese a las intensas investigaciones. Nuestra propia opinión es que sigue necesitándose un estudio serio sobre la factibilidad real de los reactores autorregenerables. En todo caso, podemos descartar los mismos para nuestros objetivos actuales, a la vista de su condición de mera posibilidad.

Al pasar, podemos señalar que la energía nuclear tiene poca o ninguna relevancia respecto a los llamados países subdesarrollados (es decir, dos tercios del mundo), puesto que «... el costo de la modernización e industrialización necesario para utilizar la energía eléctrica supera el costo de la energía misma varias veces». ⁶³

Podemos ahora pasar a considerar algunas de las limitaciones y objeciones respecto a la energía nuclear. En primer lugar, está la cuestión de las materias primas. Aquí nos concierne principalmente el uranio-235. Los reactores de combustión consumen grandes cantidades de uranio-235. Pero hay pocas reservas de esta materia, puesto que hay sólo una proporción de 0,7% de uranio en el mineral natural. ⁶⁴ Se ha calculado que «si el desarrollo de los reactores continúa del modo previsto por la Comisión de Energía Atómica, las reservas de uranio baratas (que cuestan menos de 10 dólares la libra) se consumirían en unos quince años y el combustible de precio medio (hasta 30 dólares la libra) no se agotaría hasta el año 2000». ⁶⁵ Desde que se realizara este cálculo, sin embargo, «... las estimaciones respecto a la capacidad de las plantas nucleares para 1980 ha aumentado de 95 000 a 145 000 megawatts eléctricos, sin un aumento correspondiente en las estimaciones de las reservas de uranio». ⁶⁶ La misma fuente prosigue: «Surge aún otra restricción del ritmo a que pueden extraerse y procesarse estas reservas. Según Faulkner, de las reservas aseguradas en Estados Unidos de U_3O_8 , 310 000 toneladas, en 1980 sólo se habrán producido 210 000 toneladas. Su cálculo correspondiente para la producción total mundial es de cerca de 500 000 toneladas. Sólo esto podría obligar ya a que las reservas de bajo precio subieran a una categoría de precios más elevada, en caso de que sea necesario, como parece, duplicar la tasa de producción». ⁶⁷

El examen de las materias primas sería incompleto si no señaláramos que, en cuanto toca al esperado reactor de fusión, hay una importante limitación por la escasez del litio, un elemento esencial en la reacción de fusión de litio-deuterio. ^{67a}

Por tanto, es obvio que existe una desesperada carrera científica contra el tiempo en la cuestión de energía nuclear. ¿Puede lograrse la transición a los reactores autorregenerables antes de que se agote la reserva inicial de uranio-235? No lo sabemos, por supuesto, pero somos escépticos. Sin embargo, coincidimos con el veredicto científico de que «el fracaso de esta transición constituiría uno de los principales desastres de la historia humana». ⁶⁸ Este juicio se basa en una cuidadosa evaluación de las perspectivas respecto a los combustibles fósiles, y supone que éstos no pueden mantener el desarrollo humano (a falta de otro término mejor) durante mucho más tiempo.

Pasemos ahora a un intento de evaluación de las perspectivas nucleares. En primer lugar, podemos ver que, de igual modo que en los primeros motores a vapor, la naturaleza de los motores atómicos es tal que, donde la movilidad y la flexibilidad sean características importantes, su aportación es muy restringida. Dicho de otro modo: parece improbable que los

motores atómicos reemplacen alguna vez al motor de combustión interna (o a su sucesor eléctrico) para los propósitos que éstos sirven.^{68 a}

Se ha dicho que «con la perspectiva de no menos de un siglo, si la energía eléctrica continuara produciéndose solamente por el actual tipo de reactores de agua ligera (es decir, de combustión), todo el episodio de la energía nuclear será probablemente muy breve... Con el uso, la energía nuclear ya no podría competir económicamente con el de los combustibles y el agua».⁶⁹ Anticipándose a la perspectiva (que nos parece remota) de los reactores autorregenerables, se ha opinado que: «Ni siquiera los reactores autorregenerables nos darán energía gratis o ilimitada. El costo de combustible nuclear para el reactor autorregenerable será en verdad insignificante; pero el costo de la gran inversión de capital, de la transmisión de energía, de la eliminación de los desechos y de su funcionamiento, se combinan para que el probable precio más barato del kilovatio por hora se aproxime al de las plantas generadoras de energía eléctrica económicas de vapor y carbón. Los reactores autorregenerables serán un maravilloso acierto para las naciones industriales, no porque proporcionen una energía más barata, sino porque pueden proporcionar una energía desesperadamente necesaria cuando se agoten los combustibles fósiles y antes de que se haya perfeccionado el reactor de fusión».⁷⁰ También merece la pena comentar que, dada la perfección de las técnicas para extraer las pocas partes por millón del uranio y del torio en el granito, no tenemos ni la más mínima idea – por no hablar siquiera de planes – de qué hacer con el granito sobrante en un mundo que ya está críticamente afectado de desamparo.⁷¹

Deberíamos suponer, sobre la base de la información disponible, que la energía nuclear *puede* hacer frente al 10% de las necesidades energéticas norteamericanas en el año 2000.⁷² Por el momento, sin embargo, de las 65 instalaciones nucleares norteamericanas que deberían estar en funcionamiento en 1976, 23 llevan retraso.⁷³ Es posible que, por tanto, nuestra suposición sea demasiado optimista. De todos modos, la energía nuclear «... no será la principal fuente energética de esta década».⁷⁴ El secretario adjunto de Asuntos Económicos del Departamento de Estado norteamericano estaba bien informado al afirmar, a fines de 1970, que los combustibles fósiles dominan el campo energético y que continuarán haciéndolo.⁷⁵ En cuanto a Gran Bretaña, uno que, en general, es un optimista nuclear, se ha limitado a decir que «... las estaciones de energía nuclear resultarán un *provechoso seguro parcial* para Gran Bretaña, contra posibles impedimentos económicos o políticos en la importación de petróleo y en la producción o importación de carbón»⁷⁶ (el subrayado es nuestro).

Sin embargo, las cuestiones que hemos tratado hasta ahora son sólo parte de la historia. Consecuentemente debemos examinar ahora los importantes temas de la contaminación nuclear y de la eliminación de los desechos nucleares. En nuestra opinión, pueden ser estas consideraciones, antes que las más técnicas y económicas que hemos señalado previamente, las que determinen la contribución final de la energía nuclear a la ecuación de energía global. Examinaremos seguidamente estos aspectos.

Con la contaminación debemos considerar los riesgos de accidentes. Algunos libros han llamado la atención recientemente a los peligros inherentes al programa de energía nuclear.⁷⁷ Uno de los autores ha resumido el problema en forma sucinta con estas palabras: «... el medio ambiente que nos mantiene tiene sólo una capacidad limitada para la radiación, y esa capacidad puede ser usada sólo una vez».⁷⁸ Los isótopos penetran continuamente en el aire y en el agua de las plantas nucleares. Parece que, para el futuro inmediato, no hay modo alguno de eliminar esta continua e imperceptible emisión. Ya se han producido casos en que la concentración de

isótopos emitidos constituyó una amenaza para las poblaciones vecinas. «La prevista descarga de un isótopo *solo*, el cripton-85, podría – según Ehrlich – , aumentar en el próximo siglo el nivel de exposición radiactiva de la población en general al 60% del nivel máximo admisible establecido por el Comité Nacional para la Protección y Medición de Radiaciones. El cripton-85 es sólo una de las 200 sustancias radiactivas emitidas a *bajo nivel* por los reactores de fisión ». ⁷⁹ La historia de los últimos veinticinco años nos enseña, además, que los organismos oficiales yerran peligrosamente una y otra vez, optimistamente, al establecer los «niveles máximos admisibles». ⁸⁰ Científicos destacados han exigido una y otra vez sistemas de control más nuevos y estrictos, puesto que de lo contrario toda la raza humana se verá amenazada con el deterioro biológico. Lo más adecuado nos parece reproducir aquí, con permiso, un reciente artículo del competente periódico *Sanity*, contra la guerra nuclear, que resume lo que está en juego. ^{80 a} Es el siguiente:

Si no se disminuyen considerablemente los niveles de seguridad norteamericanos contra la radiación procedente de las instalaciones de energía atómica pacíficas, el país puede sufrir: 90 000 muertes más por cáncer al año; 60 000 muertes prenatales más cada año; 2000 casos más de leucemia, y 12 000 niños más nacerán con grandes defectos mentales y físicos. Este es un cálculo publicado por el profesor Linus Pauling, Premio Nobel y profesor de Química en la Universidad de Stanford, en el *Bulletin of the Atomic Scientists*.

Otros dos científicos, el Dr. A. R. Tamplin, del Lawrence Radiation Laboratory (USA), y el Dr. J. W. Gofman, profesor de Física Médica de la Universidad de California, han publicado también advertencias urgentes, calculando 32 000 muertes por cáncer adicionales al año.

Estas declaraciones, por supuesto, provocaron un fuerte contraataque de la poderosa Comisión Norteamericana de Energía Atómica y de los dirigentes de la industria nuclear, que niegan los descubrimientos de los científicos.

Las advertencias despertaron ahora el interés – y los temores – de sectores mucho más amplios de la población y, como dice el *Bulletin*, «la controversia ha pasado a ser de dominio nacional».

Los cálculos realizados por los Drs. Tamplin y Gofman se fundamentan en las estimaciones del Dr. Ernst Sternglass (publicadas en *Sanity* el año pasado), de que las descargas de las pruebas de armas atómicas han causado la muerte de 400 000 niños. Confirman las advertencias enunciadas hace diez años por el profesor Pauling en su libro *No More War!*, donde protestaba por los efectos biológicos de las pruebas de armas nucleares.

Tamplin y Gofman afirman, también en el *Bulletin*: «Debe resultar chocante para el público profano el que, aproximadamente a veinticinco años de la Era Atómica, estemos en medio de una airada controversia respecto a los efectos biológicos de la radiación. Hay dos razones importantes por las que esta controversia ha surgido en este momento. Una es la naciente industria nuclear asociada con los usos pacíficos de la energía nuclear. La otra es el repentino y dramático aumento en el proyecto de armas nucleares creado por el desarrollo de los programas MIRV y ABM. Uno de los elementos más esenciales para los proyectos nucleares, tanto para la paz como para la guerra, son los efectos biológicos de la radiación.

Es importante señalar que la actual controversia es meramente un resurgimiento de los primeros cálculos de Linus Pauling respecto a los efectos biológicos de la radiación. La principal diferencia, hoy, es que los datos acumulados a través de los últimos diez años demostraron que el cálculo original de Pauling era esencialmente correcto. Otra discrepancia es que la Comisión de Energía Atómica y el Comité Conjunto para la Energía Atómica del Congreso han manipulado inteligentemente la industria de energía nuclear para que se unieran a ellos en esta controversia. La posición de los tres es indefendible y arrogante.»

La dosis de radiación admisible establecida por el Consejo Federal Norteamericano de Radiación es actualmente de 170 milirad por año, pero Tamplin y Gofman dicen que la dosis tendría que reducirse inmediatamente a 17 milirad; de lo contrario, morirán inútilmente millones de personas al año.

En su discurso con ocasión de la entrega del Premio Nobel el 10 de diciembre de 1963, Linus Pauling dijo que, por la contaminación radiactiva causada por las pruebas de bombas nucleares, «unos dos millones de personas vivas hoy día morirán cinco, diez o quince años antes que lo hubieran hecho de no existir las pruebas nucleares».

Tamplin y Gofman comentan: «Los datos reunidos desde su Discurso en 1963 confirman que la opinión de Pauling era correcta. Los datos demuestran que la radiación puede inducir todas las formas del cáncer. Y además, que los diferentes cánceres se inducen en proporción a su tasa de incidencia normal. En consecuencia, los datos actuales indican que el efecto de una dosis de radiación dada es diez veces peor de lo que se pensaba en 1963».

Linus Pauling dice, en su artículo del *Bulletin*, respecto a su cálculo de 90 000 muertes más al año por cáncer causado por la radiación de instalaciones nucleares pacíficas: «Este cálculo es mayor que el de Gofman y Tamplin, quienes calcularon que habría unos 30 000 casos más de leucemia al año en Estados Unidos, si todos recibieran las dosis de radiación de elevada energía establecidas como permisibles por el Consejo Federal de Radiación. Gofman y Tamplin declara que su cálculo, por varias razones que enumeran, debe ser considerado como un mínimo. Mi cálculo no es un mínimo ni un máximo: es el cálculo que me parece que debe ser considerado el más probable por las evidencias de que disponemos.»

El profesor Pauling concluye: «Podemos preguntarnos si está justificado el sacrificio de unas decenas de miles de personas para ahorrar el dinero que se tendría que invertir en disminuir el nivel de exposición a la radiación de alta energía. La gente muere de todos modos; si no es de cáncer, es por alguna otra enfermedad. ¿Debemos preocuparnos de que, por decisión nuestra, alguna gente muera cinco, diez o quince años antes de lo que hubieran muerto si nuestra decisión fuera otra? Creo que sí deberíamos preocuparnos: que el cortar la vida del hombre de este modo, por el cáncer, es indeseable, y que deberíamos intentar disminuir la cantidad de muertes por cáncer en vez de emprender acciones que aumenten su número. De igual modo, se causan muchos sufrimientos por el nacimiento de niños con grandes defectos: creo que tendríamos que intentar disminuir la cantidad de tales nacimientos.»

La AEC (Comisión de Energía Atómica), replicando a través del *Bulletin* a los Drs. Tamplin y Gofman, está de acuerdo en que toda radiación es potencialmente peligrosa y en que la exposición a las radiaciones debería conservarse siempre al nivel más bajo posible. Pero discrepa con los cálculos de los dos científicos y con sus conclusiones. Dice: «... la posición de Gofman y Tamplin supone que cada persona de Estados Unidos recibió de algún modo 170 milirad por año por el programa de energía nuclear. Esto es físicamente imposible y ni siquiera se puede dar una aproximación remota».

Este artículo, en nuestra opinión, expresa claramente lo que está en juego en el programa de energía nuclear. Si se tomaran las medidas de seguridad exigidas según los criterios de Pauling, Gofman y Tamplin, las plantas de energía nuclear posiblemente no podrían competir, en términos de costo, con las plantas convencionales de combustibles fósiles. Simplemente, su precio las dejaría fuera de consideración. Estos hechos, por supuesto, serán ocultados al conocimiento del ciudadano medio lo máximo posible, por partes tan interesadas como gobiernos y contratantes nucleares. Sin embargo, finalmente, tendrán que salir a la luz.

Durante una época se pensó eufóricamente que la llegada de las plantas de fusión eliminaría o disminuiría el peligro de contaminación. Dejando a un lado el hecho de que la reacción de fusión controlada sigue siendo una posibilidad totalmente teórica, esta esperanza, de todos modos, se ha demostrado infundada. F. L. Parker, de la Agencia Internacional de Energía Atómica, afirma que «... los escapes de tritio radiactivo de las plantas de energía de fusión, pueden resultar más peligrosos aún que los escapes de isótopos de los reactores de fisión».⁸¹

Otro peligro de contaminación inevitablemente unido a la energía nuclear es la contaminación térmica. La descarga de desechos industriales calientes en corrientes y lagos «... es una amenaza extremadamente grave para la vida acuática, la mayor parte de la cual es muy sensible a los cambios de temperatura. Las plantas de energía nuclear en particular son serios contaminantes térmicos. En promedio, desechan un 60% más de energía que las plantas que queman combustibles fósiles. Se ha calculado que para 1980, las plantas nucleares solas usarán el 20% del caudal total de aguas frescas de Estados Unidos para la refrigeración».⁸² Se requiere poca imaginación para captar la magnitud del desastre ecológico que implica esta estadística.

El peligro de contaminación es sólo un aspecto del asunto. Otro aspecto es la posibilidad de accidentes. No se comprende muy bien lo terriblemente vulnerables que son las actuales plantas nucleares. Las compañías de seguros privadas se niegan a cubrir los riesgos. Si no fuera por los grandes subsidios públicos, los establecimientos nucleares existentes no podrían seguir adelante.⁸³ Ehrlich escribe: «La negativa de las compañías aseguradoras de proporcionar seguros a las plantas de energía nuclear, se basa en parte en los errores en el campo de los reactores, como el accidente de 1966 en la Planta Fermi en las afueras de Detroit, que potencialmente pudo haber causado la muerte de millones de personas y vuelto inhabitable gran parte de Estados Unidos. Antes de 1964 se habían producido doce accidentes de reactores con serios daños a las instalaciones, sobreexposición radiactiva para las personas o descargas radiactivas en el medio ambiente. Algunos de estos incidentes superaron el “máximo accidente creíble” para la instalación correspondiente. Este concepto mismo es un indicio del enfoque eufemista que tiene la AEC de la seguridad, puesto que el “máximo accidente creíble” se define como el peor que ocurriría en la ausencia de errores humanos y con todos los sistemas de seguridad funcionando perfectamente. Puesto que los seres humanos cometen errores y los sistemas de seguridad tienden a fallar, esto no es nada tranquilizador. Es evidente que hasta que la AEC pueda reorganizarse para proporcionar un control cuidadoso e inteligente de los peligros al medio ambiente, inmediatos y a largo plazo, será necesario una vigilancia constante del Congreso y de los ciudadanos implicados para evitar correr graves peligros.»⁸⁴ Es de temer que esta perspectiva liberal de los poderes del «Congreso y de los ciudadanos implicados» es audazmente optimista, a la vista de la evidencia, existente sobre el poder superior de los ocultos grupos de interés organizados en los negocios y en Gobierno.

Cuánto durará la fortuna humana antes de que haya un catastrófico accidente en una planta de energía nuclear, es tema de conjeturas. Sin embargo, recientemente, Ralph Lapp,

importante físico nuclear, al escribir en la revista *New Republic*, predijo que parecería seguro un accidente nuclear serio antes del año 2000. Afirmó que un reactor nuclear «... constituye un peligro extraordinario para la gente y las propiedades en su vecindad».⁸⁵ Continúa: «Emergen nuevos criterios, se identifican más factores desconocidos y se investiga más, pero al mismo tiempo se construyen reactores más poderosos más cerca de las ciudades. En su opinión, la cuestión de seguridad básica es si «...se puede o se debe confiar plenamente en la seguridad inherente a los reactores y en sus instalaciones de seguridad diseñadas... (o si se debe) ... minimizar el riesgo interponiendo distancia entre el reactor y la población». Sostiene que no hay nada que confirme la confianza pública en las declaraciones de la Comisión de Energía Atómica, de que los beneficios a obtener de los reactores nucleares «superan grandemente los peligros de riesgos potenciales».

Un gran accidente en una planta de energía nuclear sería evidentemente un desastre sin precedentes. Pero no es el único riesgo que corremos manteniendo una política energética cada vez más dependiente de los generadores nucleares. También existe el problema urgente de la eliminación de los desechos. Los desechos nucleares no son como otros desechos. No hay modo de acelerar su reducción a un estado inofensivo.⁸⁶ Todo lo que podemos intentar es aislarlos lo más efectivamente posible mientras sean letales.

El cuerpo humano se ha adaptado a lo que se conoce como *radiación de fondo*, es decir, el nivel de radiación normal emitido por nuestro medio ambiente. Cualquier aumento de este nivel, sin embargo, provocará posiblemente cambios biológicos perjudiciales en los animales (incluyendo a los humanos) expuestos al mismo. El proceso de producción energética mediante fisión nuclear es tal, que «...la masa de productos de fisión radiactivos producidos en un reactor es casi igual a la masa de combustible consumido».⁸⁷ La cuestión, básicamente, es ¿qué hacer con esta porquería durante los seiscientos a mil años que pueden pasar hasta que se deteriore y sea biológicamente inócua? Al construirse cada vez más instalaciones nucleares, el problema se hace cada vez más urgente.

La AEC designó un Comité Asesor para la Eliminación de Desechos en 1955.⁸⁸ Contení una serie de expertos de diferentes campos implicados, como Geología, Hidrología y Minería. El Comité presentó las siguientes tres pautas para las disposiciones:

«1. Todos los materiales radiactivos son biológicamente perjudiciales. Por tanto, los desechos radiactivos deberían aislarse del medio ambiente biológico durante su período perjudicial, que para los isótopos de larga vida supera los 600 años.

»2. La tasa de generación de desechos radiactivos es casi proporcional a la tasa de producción de energía de los reactores nucleares de fisión. Durante el período de su trabajo, el Comité observó que la tasa de energía nuclear y la producción de desechos radiactivos correspondiente estaban en la sección inferior de una curva de acentuado crecimiento exponencial. El Comité, por tanto, concluyó que no debe iniciarse ninguna práctica de eliminación de desechos, aunque esté considerada como segura en un nivel inicialmente bajo de producción de desechos, excepto en el caso de que continúe siendo segura cuando la tasa de producción de desechos aumente en el orden de varias magnitudes.

»3. No se debe tolerar ninguna amenaza a la seguridad en interés de la economía en la eliminación de desechos.»⁸⁹

Considerando las prácticas existentes en estos términos, se ha dicho que la mayoría – aparte de los de líquido de alto nivel – «violan el primero de los tres principios antes expuestos y probablemente también el segundo».^{89a} Dicho de otro modo: no se aíslan de manera adecuada del medio ambiente biológico y tienen dudosa aplicabilidad cuando la tasa de producción de desechos aumenta diez o cien veces.

Hasta ahora hemos tenido la suficiente experiencia para aprender empíricamente que el bombear grandes cantidades de desechos en la tierra, en fallas existentes o provocadas, o directamente a depósitos subterráneos, es un procedimiento intrínsecamente peligroso. No sólo es virtualmente imposible garantizar que el agua que eventualmente volverá a la circulación de superficie no se vea afectada. Sino también se hace evidente que puede haber peligrosas repercusiones geológicas no previstas anteriormente: «En 1967 se manifestaron las consecuencias de cuatro años de bombear desechos químicos fluidos en un depósito subterráneo cerca de Denver. Ocurrieron una serie de terremotos, tres de los cuales tuvieron una magnitud cercana a 5; hubo algunos daños cerca de Denver. La cantidad de energía descargada en la serie de terremotos era algo mayor que la descargada por una bomba “A” de una kilotonelada y más energía que la invertida en bombear el fluido al depósito. La energía restante se había almacenado en la corteza terrestre por procesos geológicos y su descarga fue provocada por la inyección de fluido en el depósito subterráneo».⁹⁰ En este caso particular, el resultado no fue catastrófico. Si estas prácticas continúan, sin embargo, parece probable que – tarde o temprano – haya un accidente geológico de proporciones desastrosas.⁹¹

Queda la cuestión del transporte de los desechos a emplazamientos determinados: «Se ha calculado que para el año 2000 habrá más de 6000 camiones de 6 toneladas circulando, transportando estos desechos a lugares en que serán enterrados. Los accidentes de circulación serán una amenaza constante».⁹² Por supuesto, ya se produjeron algunos incidentes. Afortunadamente, hasta ahora, han sido insignificantes o fueron controlados muy rápidamente. Al ritmo actual, ¿cuánto tiempo pasará hasta que ocurra un accidente más serio? Es probable que el siguiente Informe sea una lectura habitual en las próximas décadas:

*«Alarma radiactiva: Sydney, martes. – A primeras horas de esta mañana se desvió todo el tráfico de una vía de acceso rápido a la ciudad cuando se descubrió material radiactivo en la ruta. La Policía dijo que se creía que el material radiactivo había caído de un camión. No sabían qué material era. – Reuter».*⁹³ Un incidente menor, desde luego, pero que es un presagio ominoso para el futuro.

Podemos concluir esta consideración de los peligros inextricablemente ligados con el desarrollo de la energía nuclear, señalando que si resulta imposible eliminarlos con inventiva, una planificación consciente y muchos gastos – y tenemos pocas (o ninguna) esperanzas de ello – todo el programa nuclear puede resultar, por sólo esta razón, un punto de partida falso.⁹⁴

Pero hay un aspecto verdaderamente fundamental al que debemos prestar atención. Podemos comenzar citando a Ehrlich, quien comenta que la energía nuclear no puede reducir a cero nuestra dependencia de los combustibles fósiles cuando ello se haga necesario o deseable, *porque las plantas de energía nuclear producen sólo energía eléctrica y la energía eléctrica fue sólo el 19% del total de energía consumida en Estados Unidos en 1960.* «Por tanto, el período de tiempo que los combustibles nucleares logren postergar el agotamiento de nuestro carbón y petróleo, depende de cuanto pueda aumentarse el empleo de la energía eléctrica. ¡La tarea es inmensa y revolucionaria! Requerirá una conversión de motores alimentados por productos

derivados del petróleo a transporte a base de energía eléctrica o pilas de combustible, conversión de calefacción a carbón y petróleo a calefacción eléctrica, y conversión a industrias movidas por energía eléctrica. Todas estas conversiones exigirán tiempo y serán muy costosas».⁹⁵

Si esto fuera todo, podríamos descartarlo como una molestia que aumentará mucho las dificultades y el costo que deberemos afrontar inevitablemente al hacer la conversión de los combustibles fósiles a una y otra de la amalgama de alternativas que hemos discutido antes. Pero hay aún más. *Los combustibles fósiles tienen un papel único en las sociedades posindustriales que no puede reemplazarse por ningún otro medio.*⁹⁶ Creemos que esta es la clave de la cuestión y el factor más importante a tener en cuenta al intentar enfocar adecuadamente la actual crisis del petróleo.

Esto no es meramente un asunto de conveniencia, pese a que sea un hecho el que no se ha perfeccionado aún ningún método realmente satisfactorio ni económico de almacenar la energía eléctrica, mientras que, por supuesto, los combustibles fósiles son reservas de energía que pueden aprovecharse cuando se lo desee mediante la combustión.⁹⁷ Los entusiastas partidarios de la energía nuclear (y de otros modos alternativos de generar energía eléctrica), pasan por alto una distinción importante – verdaderamente crucial – entre éstos y los combustibles fósiles: que en un caso hablamos sólo de energía para las máquinas, mientras que en el otro hablamos de energía tanto para las máquinas como para la vida animal. El hombre deriva su energía de los alimentos. Los combustibles fósiles tendrán que desempeñar un papel cada vez mayor en los complejos procesos bioquímicos de la producción de alimentos, puesto que los ecosistemas naturales intactos van siendo sustituidos por complejos sistemas agrícolas cuya estabilidad sólo puede mantenerse mediante *inputs* de energía con cultivos, insecticidas y fertilizantes.⁹⁸ Es posible imaginar que la energía eléctrica reemplace a la generada por combustión de petróleo en aspectos tales como la propulsión de tractores, el bombeado de agua para irrigación, etc. Pero los combustibles fósiles son un elemento esencial para la producción de fertilizantes.⁹⁹ Además, ninguna de las otras fuentes de energía mecánica puede reemplazar a los combustibles fósiles, en devolver carbono almacenado, mediante la combustión, al ciclo del carbono.¹⁰⁰

Un destacado químico agrónomo resume así el tema:

«Las expectativas de obtener más alimentos de cualquier modo, partiendo de la energía nuclear (de fisión o fusión), resultarían vanas... Ningún tipo de energía puede proporcionar alimentos, excepto la energía solar, que con la ayuda de las sustancias del aire, del suelo y del agua, puede hasta cierto punto proporcionar alimentos por intermedio de algún tipo de plantas. Esto sucede porque en la clorofila (más exactamente, en los cloroplastos de las plantas) hay un transductor que puede convertir la energía electromagnética solar en energía química (parte de la cual puede usarse como alimento, y que es la única fuente energética para todo ser vivo). El fracaso total de la energía nuclear para hacer esto proviene de que no se conoce ningún transductor que pueda hacer algo semejante a esto: el complejo planta/clorofila/microbio es único (y probablemente siga siéndolo). Los sabios económicos que son meramente economistas y que sólo hablan de energía para las máquinas, se olvidan de la energía humana (toda la cual proviene de los alimentos) y no toman en cuenta al hombre al hablar de energía... Para la energía solar, la clorofila de las plantas (los cloroplastos) es el único transductor posible, y no existe ninguno en vistas para la energía eléctrica obtenida mediante la energía nuclear.»¹⁰¹

Las mismas consideraciones se aplican, por supuesto, a la energía hidroeléctrica, etc...

Lo que resulta es esto: para aumentar la producción de alimentos frente al crecimiento de la población, la humanidad se ha visto obligada a aprovechar la energía almacenada en los combustibles fósiles para equilibrar con «capital» la diaria ecuación desequilibrada por las demandas extraordinariamente altas a que se ve sometido el suelo. Cada vez se hace más evidente que este capital esencial se verá una vez agotado por completo. Las grandes potencias que ya están industrializadas deben, por tanto, planificar con mucha antelación para disponer de reservas futuras absolutamente garantizadas. Por otra parte, los países más pobres, si desean alcanzar niveles de vida tolerables, deben conservar cada gramo de carbón, cada gota de petróleo. La contradicción es completa y constituye la tensión básica que define al moderno imperialismo: «El problema nº 1», según los funcionarios de Política Energética de la Casa Blanca, «es obtener suministros adecuados de carbón, petróleo y gas natural...».¹⁰²

El papel central que desempeña el petróleo entre los combustibles fósiles en la lucha internacional por el control de la energía puede explicarse fácilmente. El petróleo tiene importantes ventajas en cuanto a almacenamiento y transporte.^{102 a} Lo que es más importante: la combustión de carbón contribuye mucho más a la contaminación que el petróleo. En cierto número de países desarrollados, la legislación ya prohíbe o limita severamente la combustión de carbón.¹⁰³ En las zonas industriales densamente pobladas, el peligro de contaminación es tal que existen todos los indicios de que continuará prefiriéndose el petróleo, hasta en los países que dispongan de carbón en abundancia (ignorando por ahora el aspecto del coste). Mientras se agote el petróleo, sin embargo, el carbón recuperará una importancia primaria, poco a poco.^{103 a} Es difícil ver cómo se solucionará entonces el problema de la contaminación.^{103 b}

Podemos ahora concluir este examen con una cierta abundancia de consideraciones. La primera concierne a la desigual localización de las reservas de combustibles fósiles y las implicaciones que ello tiene. Ya nos hemos referido al asombroso hecho de que, *a grosso modo*, los países actualmente industrializados son ricos en carbón y pobres en petróleo, mientras que los países más pobres hoy eran pobres en carbón y ricos en petróleo (existen, por supuesto, excepciones). A través de toda la historia, el poder ha tendido a gravitar hacia las zonas que tuvieran unos recursos de valor reales para el período en cuestión.¹⁰⁴ Este poder podía asegurarse y perpetuarse sólo extendiendo el control de los recursos nacionales inmediatos a fuentes extranjeras; dicho de otro modo, mediante el imperialismo. Es curioso que tantos académicos familiarizados en estas verdades elementales y básicas respecto a los griegos, los romanos y otros imperios antiguos, no sean capaces de interpretar el presente en términos similares. No hay nada más seguro que los dirigentes del imperialismo norteamericano, actuando por cuenta de los imperialismos menores de sus aliados o bien como por cuenta propia, no tienen más opción que perseguir con la mayor urgencia y agresión el objetivo de asegurarse los vitales suministros de materias primas. No hay cuestión de elecciones políticas fuera de este dato fundamental: es un imperativo.

En el mundo actual, los países más desfavorecidos respecto a las materias primas son Estados Unidos, Japón y las naciones de la Europa occidental. Esto no es ningún misterio: Son los países desarrollados que han agotado sus recursos más económicos y mejor localizados. Su dependencia de las importaciones deberá seguir en aumento si desean continuar siendo potencias industriales con crecimiento económico. Nos referimos aquí al petróleo, pero también existe abundante material para otros recursos minerales.¹⁰⁵

La situación puede perfilarse brevemente. En 1967, Charles F. Jones, de la Humble Oil Company, calculó que durante los trece años entre 1967 y 1980 el consumo de petróleo en Estados Unidos sería más del doble de las reservas norteamericanas conocidas.¹⁰⁶ Desde que pronunciara estas palabras, la demanda ha acelerado su aumento y el desarrollo nuclear se ha retrasado aún más.¹⁰⁷ Los países de Europa Occidental importan cerca del 90% de su petróleo, en su mayor parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (Organization of Petroleum Exporting Countries – OPEC). La producción nacional japonesa ha permanecido estabilizada durante varios años en aproximadamente 780 000 toneladas métricas por año, comparado con un consumo de 156 millones de toneladas en 1968, y una demanda estimada de 343 000 000 de toneladas en 1975 y de 757 000 000 de toneladas en 1980.¹⁰⁸ Puesto que Japón depende del petróleo en el 70% de su energía primaria, y en 1970 el 88% procedió de Oriente Medio, la industria japonesa está lógicamente muy preocupada por su futuro.¹⁰⁹ En todos estos tres casos, es absolutamente esencial a su futura prosperidad y crecimiento que puedan planificar con seguridad para años – décadas – de dónde exactamente provendrán las reservas, y tomar las necesarias acciones político-estratégico-militares sobre esta base.

La situación de la Unión Soviética es mucho menos seria. Esto sucede en parte por su comparativo subdesarrollo y en parte por su gran superficie y sus abundantes recursos.¹¹⁰ Pero hasta la Unión Soviética y sus satélites de Europa oriental pueden convertirse, en bloque, en importadores netos de petróleo para 1980, según cálculos recientes.¹¹¹

Hay que repetir que las grandes naciones industriales no tienen opción respecto a los combustibles fósiles que deben obtener del extranjero si desean mantener su prosperidad. El ejemplo de Japón durante los últimos años de la guerra del Pacífico ilustra elocuentemente la suerte de una potencia industrial privada de las vitales importaciones de energía inanimada: la economía estaba casi totalmente desolada y paralizada; la gente huía de las ciudades para conseguir alimentos en el campo; la población se sumió en la miseria con aterradora rapidez.¹¹² Se ha creado un nuevo tipo de vulnerabilidad por nuestra dependencia de la energía inanimada, la mayor parte de la cual proviene de fuentes extranjeras. El conocimiento de esta situación impone obligaciones ineludibles a los dirigentes de las naciones industriales. Y la situación, que implica una pugna cada vez más intensa por el control de las reservas de combustibles fósiles restantes, no es nada estable, evidentemente.¹¹³ La potencia económicamente más desarrollada del mundo y con el mayor potencial militar del mundo ha sido, es y seguirá siendo en el mundo entero, la principal promotora de esfuerzos tanto militares como pacíficos para aumentar la «tajada de león» de las materias primas globales.¹¹⁴

Hasta poco tiempo atrás, las naciones no industrializadas no tuvieron más opción que cumplir con el papel que se les había atribuido como abastecedores de materias primas que, desde fines del siglo XIX, incluían el petróleo. Hasta el advenimiento de la independencia política en antiguos territorios coloniales cambió pocas cosas a este respecto, excepto cuando la lucha por la independencia era simultáneamente una revolución social, como en China.¹¹⁵ En otros lugares, las élites burguesas nacionales han estado preparadas, para continuar intercambiando sus limitados recursos reales por beneficios económicos inmediatos; las divisas obtenidas se han transformado en productos de consumo de lujo importados o en bienes de capital para fabricar productos de consumo de lujo y semilujo. Todo recurso mineral, sin embargo, tiene sus límites: «...si se le trabaja durante mucho tiempo, se extinguirá tarde o temprano. No habrá una segunda cosecha. Los depósitos de mineral abundantes son la posesión material más valiosa pero más efímera de una nación: su activo».¹¹⁶ El convertirlos en divisas es equivalente a despilfarrar y disipar el capital esencial al bienestar de las generaciones futuras.

En ningún caso, por las razones que hemos intentado elucidar anteriormente, es esto más verdadero como en el caso de los combustibles fósiles. Sin ellos no pueden trabajarse ni utilizarse adecuadamente los otros minerales. Sin ellos no puede producirse ni mantenerse ningún aumento general en el nivel de vida. «Tanto los países ricos como los pobres – advierte un geólogo – deben ser conscientes del legado de resentimiento que puede producirse cuando una nación abastecedora descubre que ha destrozado literalmente su potencial industrial por un valor mínimo». ¹¹⁷ Los movimientos de liberación de las «naciones abastecedoras» demuestran conciencia de estas realidades, y el resentimiento por el continuo saqueo a sus países es y será cada vez más una parte principal y muy convincente de su apoyo popular. ¹¹⁸

Para enfocar adecuadamente el asunto, deberíamos ahora considerar las perspectivas realistas para las próximas décadas, de los llamados países subdesarrollados. Los cálculos realizados muestran que para elevar la población mundial de 1970 al nivel actual de consumo per capita de Estados Unidos, se requeriría la extracción de casi 30 000 000 000 de toneladas de hierro, más de 500 000 000 de toneladas de cobre y plomo, más de 300 000 000 de toneladas de cinc, unos 50 000 000 de toneladas de estaño, como también cantidades enormes de otras materias. Esto significa «...la extracción de unas setenta y cinco veces más de hierro del que se extrae hoy anualmente, cien veces más de cobre, doscientas veces más de plomo, setenta y cinco veces más cinc y doscientas cincuenta veces más estaño. Teóricamente se puede disponer del hierro necesario y se puede extraer con tremendos esfuerzos en un largo período de tiempo, pero podría imponerse un serio límite por la escasez de molibdeno, que se necesita para convertir el hierro en acero. Las cantidades necesarias de otros materiales superan de lejos *todas* las reservas conocidas o supuestas. A pesar de todo, el elevar el nivel de vida de la proyectada población mundial del año 2000 al nivel actual norteamericano exigiría duplicar todas las cifras anteriores». ¹¹⁹ Las cifras tendrían que elevarse aún más si incluyéramos en la proyección el anticipo del aumento en los niveles de vida de Norteamérica misma.

Otro cálculo muestra que «...con las instalaciones de producción existentes el grupo más pobre de países (no el más pobre), necesitaría unos quinientos años para producir la cantidad de acero per capita usada ahora comúnmente en EE.UU. Pese a que los niveles de producción del grupo más pobre aumentan con bastante rapidez (casi un 50% por década, con una base *per capita*), serán necesarias varias décadas, hasta sin ningún trastorno mayor, hasta que la cantidad de acero en uso pueda permitir a esas naciones el alimentar, vestir y alojar adecuadamente a sus poblaciones». ¹²⁰

Pero hay aún otra faceta en esta clase de cálculos. ¿De dónde provendrá toda la energía que haga posibles todos estos esfuerzos? Ya hemos visto que hay una correspondencia casi lineal entre los altos niveles de vida (es decir, el elevado consumo *per capita* de minerales) y el consumo de energía *per capita*. En la actualidad, el consumo mundial de energía producida por el hombre está en la zona de 6 600 000 megawatts: «Si se supone que en cincuenta años el resto del mundo alcanzará al actual nivel de consumo de energía de Estados Unidos y que la población será de 10 000 000 000, la energía total producida por el hombre será de 110 000 000 000 de megawatts por año.» ¹²¹ A la vista de todas las consideraciones respecto a la disponibilidad potencial de energía mencionada arriba, no consideramos que esta meta pueda llevarse a cabo. En otras palabras, los problemas de energía y los suministros minerales se refuerzan mutuamente. ^{121 a}

Consideramos que se justifican dos consecuencias significativas. La primera es que, la generalización de los niveles de vida norteamericanos (o hasta de Europa occidental) está fuera

de cuestión («Nuestro medio ambiente no puede soportar la *industrialización mundial...*»).¹²² La segunda es que, a la vista de las perspectivas alarmantemente breves en la consideración de la disponibilidad futura de elementos esenciales a la industrialización y en el aumento de los niveles de vida, los países más pobres del mundo deberían empezar a conservar para su propio uso, *ahora*, todos sus recursos importantes, incluyendo especialmente los combustibles fósiles representados, en este caso, por el petróleo.

Podemos entonces concluir con las palabras del profesor Nicol: «Sea lo que sea lo que se haga en el futuro, no podrá salir del estrecho canal establecido por las limitaciones del combustible fósil existente. Ese canal cada vez más estrecho limita por un lado con la Scilla del agotamiento de los recursos fósiles; por el otro, con la Caribdis de las exigencias irrazonables y descontroladas a los recursos de combustible renovable. Ello puede ser acertado para las máquinas e instalaciones consideradas en sí mismas; pero cualquier curso de acción que no deje una reserva presciente de combustible, sobre y bajo la superficie, para la producción de alimentos, estará sacrificando la población del futuro (y quizás un futuro no muy lejano) para las máquinas del presente. Puesto que es el combustible fósil el indicado como primera fuente de alimentos para mantener a una población que va en aumento sobre el nivel de los números alcanzados por la población de hace cien años, las alternativas se reducen a dos: 1) mantener una población bien alimentada a aproximadamente la cifra actual total y no sobrepasar en mucho este nivel, y 2) disminuir el uso de máquinas que requieran combustible fósil para su fabricación y funcionamiento».¹²³

Epílogo

*No puede haber otra oportunidad.
El hombre es el fénix que nunca
podrá alzarse otra vez de las cenizas
del uso que sus predecesores dieron al
combustible fósil*

Hugh Nicol

NOTAS:

En este capítulo se han efectuado las siguientes abreviaturas:

ARU = A.R. Ubbelohde, *Man and Energy*, Londres, 1963.

Ehrlich = Paul R. Ehrlich y Anne H. Ehrlich, *Population, Resources, Environment*, San Francisco, 1970.

NAS = National Academy of Sciences – National Research Council Committee on Resources and Man, *Resources and Man*, San Francisco, 1969.

SA = *Scientific American*, septiembre de 1970 (un número especial sobre la Biosfera)

Todas las otras referencias se citan de forma completa.

¹ SA, p. 48.

² La biosfera puede ser definida como la delgada película de materia viva en la superficie de la Tierra que se mantiene mediante el reciclaje de muchos elementos químicos (especialmente el hidrógeno, el oxígeno, el carbono y el nitrógeno) y la energía del Sol (SA, p. 4).

³ SA, p. 64.

⁴ SA, p. 176.

⁵ SA, p. 175.

⁶ ARU, p. 32. Un primer móvil puede definirse como aquél que *mueve* una máquina; una máquina, a su vez, puede definirse como un «ingenio para reorientar el esfuerzo para obtener más ventajas» (ARU, p. 23).

⁷ ARU, pp. 20 y 41, y John D. Bernal, *Science in History*, Londres, 1969, pp. 134-135. (Versión catalana: *Història Social de la Ciència*, 2 vols., Edicions 62, S. A., Barcelona, 1971. Versión castellana: *Historia Social de la Ciencia*, 2 vols., Ediciones Península/Edicions 62, S. A., Barcelona, 1973)

⁸ Carlo M. Cipolla, *European Culture and Overseas Expansion*, Londres, 1970, p. 68 *et pássim*. (Véase del autor: *Educación y desarrollo en Occidente*, Ediciones Ariel, S. A., Esplugues de Llobregat [Barcelona], 1970.)

⁹ Lynn White, *The Expansion of Technology: 500-1500*, Londres, 1969, y ARU, pp. 44 *et seq.*

¹⁰ ARU, p. 46.

¹¹ ARU, pp. 47 *et seq.*

¹² ARU, p. 128. Véase para discusiones sobre la Segunda Ley de la Termodinámica, ARU, pp. 209-210, y Ehrlich, pp. 54-55.

¹³ ARU, p. 99.

¹⁴ NAS, p. 120.

¹⁵ Véase NAS, pp. 202-203, y también W. T. Jones, *Minerals in Industry*, Londres, varias ediciones, *pássim*.

¹⁶ SA, p. 176.

¹⁷ NAS, p. 166.

¹⁸ SA, p. 176.

¹⁹ NAS, p. 166.

²⁰ SA, p. 175. El kilowatio-hora (kWh) puede definirse como 1000 watts gastados en una hora (3600 segundos). Por una simple multiplicación, 1 kilovatio-hora = $1000 \times 3600 = 3\,600\,000$ julios. El julio equivale a 10 millones de ergios; el ergio es un dina-cm o 10^{-7} julios (véanse tablas en ARU, p. 98, y J. W. Gardner, *Electricity Without Dynamos*, Londres, 1963, p. 33).

^{20a} SA, p. 175: «El crecimiento de energía está en relación directa al crecimiento económico. Entre 1950 y 1960, el consumo mundial aumentó de 2700 millones de toneladas de carbón equivalentes (mtce) a 4400 mtce en 1960. En la próxima década, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico calcula que en 1980 las necesidades mundiales serán de casi 12 000 mtce y probablemente aumentarán a 25 000 mtce en el año 2000» (*The Times*, 1/IX/1971).

²¹ ARU, p. 90.

²² NAS, p. 202: «Estados Unidos y la Unión Soviética tienen las mayores reservas de carbón del mundo. Las reservas de Alemania, China, Gran Bretaña, Polonia, Sudáfrica, Canadá y Colombia son

satisfactorias, y muchos otros países tienen el suficiente como para mantener al menos durante unas décadas el actual ritmo de producción. Los depósitos conocidos son pequeños o insignificantes en la mayoría de los países de Latinoamérica, África y Asia, lo que es una razón... por la que ha habido poco desarrollo industrial en esos países» (J. P. Cole, *Geography of World Affairs*, Londres, 1943, p. 88. Versión castellana: *Geografía de la política mundial*, Editorial Universitaria de Buenos Aires – EUDEBA, Buenos Aires, 1966). China ha realizado grandes avances en la producción de carbón, y tal vez supere pronto hasta a Estados Unidos y la Unión Soviética (D. W. Fryer, *World Economic Development*, Londres, 1965, p. 333).

²³ NAS, pp. 166 *et seq.* para más detalles.

²⁴ NAS, p. 205.

²⁵ SA, p. 195.

²⁶ R. J. Barber, *The American Corporation*, Londres, 1970, pp. 155-156.

²⁷ *The Economist*, Londres, 23/I/1971. (¿23/I/1971?)

²⁸ Ehrlich, p. 56.

²⁹ Véase N. W. Pirie, *Food Resources: Conventional and Novel*, Londres, 1970. Véase también, «The Revolution in American Agriculture», por Jules B. Billard, en *National Geographic*, febrero de 1971.

³⁰ El petróleo constituyó el 20,4% del consumo de energía del «mundo libre» en 1937 y el 49,8% en 1968 (*The Economist*, Londres, 23/I/1971).

³¹ Véase W. T. Jones, *Minerals in Industry*, Londres, varias ediciones, *pássim*.

³² NAS, p. 194.

³³ NAS, pp. 170 *et seq.*

³⁴ NAS, p. 175.

³⁵ NAS, p. 183.

³⁶ NAS, p. 195.

³⁷ Véase gráficos en NAS, pp. 183 y 190: «Si suponemos que cualquier nación comienza a considerar seriamente que hay una amenaza a la seguridad de sus abastecimientos petrolíferos, podría manifestarse una grave amenaza de reducción de la población por la guerra antes de que se lograra una producción de petróleo general, global, aritméticamente calculada *máxima*. En consecuencia... los cálculos de duración... son quizás demasiado optimistas. El problema de calcular la duración de los suministros de petróleo mundiales quizás no sea más que un ejercicio de ingeniería; pero parece razonable suponer que puede surgir una crisis centrada en el combustible antes de que se logre cualquier máximo en la producción del mismo. Lo que importa es la crisis y no la cantidad de combustible que haya bajo tierra. Los problemas de una reducción de la población antes de que se consiga la producción *máxima* de combustible pueden hacerse críticos muy pronto. Quizás no importe mucho el que el futuro de nuestros nietos sea el de morir, porque hay demasiada gente en alguna localidad superpoblada que no puede obtener el suficiente combustible para satisfacer las demandas de toda su población; o si se piensa que lo urgente es alimentar las máquinas y no los hombres; o si no hay absolutamente ninguna urgencia, sino una egoísta exigencia de mantener a toda costa un alto nivel de vida al que se ha acostumbrado alguna comunidad» (Hugh Nicol, *The Limits of Man*, Londres, 1967, pp. 140-141).

³⁸ NAS, p. 189.

³⁹ NAS, pp. 191-192.

⁴⁰ NAS, p. 199.

⁴¹ NAS, p. 205. Véanse también, Et. Dalemont, *Le Petrole*, París, «Que sais-je?» N.º 158, y H. Guglielmo, *Le Gaz Naturel*, París, «Que sais-je?» N.º 896.

⁴² NAS, p. 206.

⁴³ Hay un examen exhaustivo en Farrington Daniels, *Direct Use of the Sun's Energy*, Londres, 1964.

⁴⁴ ARU, p. 66.

⁴⁵ ARU, p. 67.

⁴⁶ ARU, p. 67.

⁴⁷ ARU, p. 68.

⁴⁸ Ehrlich, p. 56.

⁴⁹ NAS, p. 207.

⁵⁰ NAS, p. 207.

⁵¹ ARU, p. 68.

⁵² NAS, p. 215.

⁵³ ARU, p. 69.

⁵⁴ Véanse, por ejemplo, *International Herald Tribune*, 8 de enero de 1971, y *New Nation*, Singapur, 26/II/1971.

⁵⁵ NAS, p. 209. Es interesante notar, en el contexto en que consideramos la energía hidroeléctrica, que la zona del Valle del Tennessee, que debería haber sido servida por las presas del Departamento del Valle del Tennessee, ya en 1950 había sido dotada con estaciones generadores de electricidad de combustión de carbón, que producían casi las $\frac{3}{4}$ partes de toda la electricidad generada en el valle y consumían 23 toneladas de carbón por año (aproximadamente la octava parte de la producción de Gran Bretaña en esa época). Véase Hugh Nicol, *op cit.*, pp. 134-135.

⁵⁶ NAS, p. 218.

⁵⁷ ARU, p. 66. Otro competidor, cuyas noticias nos llegaron demasiado tarde para incluirlo en el texto, es la fabricación de petróleo a partir de estiércol, desechos vegetales y basura doméstica (véase *International Herald Tribune*, 8/IX/1971). Los científicos implicados afirman: «Básicamente, estamos haciendo en 20 minutos lo que la naturaleza hizo en millones de años»). Se calcula que si todos los desechos agrícolas de la nación – no sólo el estiércol, sino también los desechos vegetales – se juntaran y se convirtieran mediante este proceso, se podrían producir unos 2500 millones de barriles de petróleo por año, aproximadamente la mitad del consumo de Norteamérica. Pero no se toma en cuenta la energía necesaria para calentar el material inicial a 720° Fahrenheit y someterlo a una presión de 1200 libras por pulgada cuadrada. Además, la recolección nunca sería perfecta y estos desechos podrían emplearse para otros propósitos. Hasta el cálculo más optimista, por supuesto, no tiene perspectivas de *resolver* la ecuación de energía.

⁵⁸ Ehrlich, p. 52.

⁵⁹ Ehrlich, p. 57.

⁶⁰ NAS, pp. 219 *et seq.*

⁶¹ NAS, p. 221.

⁶² NAS, p. 223.

⁶³ Ehrlich, p. 57.

⁶⁴ SA, p. 187.

⁶⁵ SA, p. 187.

⁶⁶ NAS, p. 224.

⁶⁷ NAS, p. 224.

⁶⁷ a ¿???? [esta nota falta en el original]

⁶⁸ NAS, p. 228.

⁶⁸ a ARU, pp. 54-55.

⁶⁹ NAS, p. 226.

⁷⁰ NAS, p. 122.

⁷¹ Ehrlich, p. 57. Véase también, John Barr; *Derelict Britain*, Londres, 1970.

⁷² SA, p. 184.

⁷³ *The Economist*, Londres, 23/I/1971.

⁷⁴ *The Economist*, Londres, 23/I/1971.

⁷⁵ Philip H. Tresize, en *Department of State Bulletin*, 26 octubre de 1970.

⁷⁶ ARU, p. 79.

⁷⁷ Véanse, por ejemplo, R. Curtis y Elizabeth Hogan, *Perils of the Peaceful Atom*, Nueva York, 1969, y Sheldon Novick, *The Careless Atom*, Boston, 1969.

⁷⁸ Sheldon Novick, *op cit.*

⁷⁹ Ehrlich, p. 137.

⁸⁰ Véase Ehrlich, p. 138.

⁸⁰ a Agradecemos a Philip Bolsover, editor de *Sanity*, el permiso de reproducir aquí el artículo. El ejemplar era el correspondiente al mes de febrero de 1971. *Sanity* puede obtenerse de CND, 14 Gray's Inn Road, Londres, W. C. 1.

⁸¹ Ehrlich, pp. 134-138.

⁸² Ehrlich, p. 187. «La eficacia de una planta de energía está determinada por las leyes de la Termodinámica. Cualquiera que sea el combustible, se intenta crear vapor de elevada temperatura para impulsar las turbinas y condensar el vapor a la menor temperatura posible. El agua es el único medio posible para eliminar el calor. De aquí que más del 80 por ciento del agua de refrigeración usada por la industria de Estados Unidos se destina a las plantas de energía eléctrica. Para cada kilovatio-hora de energía producida, deben disiparse unas 6000 unidades térmicas británicas de calor, de una planta de combustible fósil, y aproximadamente unas 10 000 unidades térmicas británicas de calor, de una planta nuclear contemporánea. En Estados Unidos, donde el consumo de energía aumenta al doble cada 8 ó 10 años, el aumento en la cantidad y tamaño de las plantas de energía eléctrica ocasiona graves presiones en el abastecimiento de agua de refrigeración. En 1980, casi la mitad del caudal normal de agua fresca será necesaria para este propósito. Aunque el 95 por ciento del agua así usada vuelve a su cauce, no es lo

mismo; su mayor temperatura tiene una serie de efectos nocivos. Las temperaturas más altas disminuyen la cantidad de oxígeno disuelto y por tanto la capacidad del curso de agua para asimilar los desechos orgánicos. Se acelera la descomposición bacteriológica, disminuyendo aún más el nivel de oxígeno. La reducción del oxígeno disminuye la viabilidad de los organismos acuáticos, mientras que, al mismo tiempo, la temperatura más alta eleva su metabolismo y por tanto su necesidad de oxígeno» (SA, p. 190).

⁸³ Ehrlich, p. 138.

⁸⁴ Ehrlich, p. 139.

⁸⁵ Informado en *The Straits Times*, Singapur, 22/I/1971.

⁸⁶ «Cada isótopo radiactivo se descompone a un ritmo fijo de exponencial negativo que le es particular» (NAS, p. 233).

⁸⁷ NAS, p. 234.

⁸⁸ NAS, pp. 234-235.

⁸⁹ NAS, p. 236.

⁸⁹^a NAS, p. 236.

⁹⁰ Ehrlich, p. 141.

⁹¹ Véanse el artículo titulado «Earthquake Fears Over Atom Test», en *The Straits Times*, 10/V/1971 y la transcripción del programa de TV del Támesis, «And On the Eighth Day», 27/1/70.

⁹² Ehrlich, p. 137.

⁹³ *The Straits Times*, Singapur, 5/V/1970.

⁹⁴ Pese a los tranquilizantes de bromuro. Véase Matthew J. Gaines, *Atomic Energy*, Londres, 1969, pp. 112-114. Gaines es un escritor científico en el Departamento de Energía Atómica de Gran Bretaña. (Versión castellana: *La energía atómica*, Editorial Bruguera, S. A., Barcelona, 1971.)

⁹⁵ Ehrlich, pp. 57-58: «...probablemente es mejor pensar en la electricidad como un medio de distribuir energía en vez de una fuente de ella...» (J. P. Cole, *op. cit.*, p. 87).

⁹⁶ Véase la principal obra del profesor Hugh Nicol, *op. cit.*: «Probablemente sea costumbre de los jugadores el ignorar no sólo las demostraciones matemáticas, sino despreciar las consideraciones comerciales como el hecho de que todos los gastos de *la casa* – incluyendo las propias ganancias del jugador – tienen que pagarse de algún modo. Como verdaderos jugadores, negándose a reconocer y hasta siquiera a examinar los hechos de sus propios éxitos temporales, y albergando la esperanza de que, de algún modo, algo dará una solución favorable a sus problemas, una cantidad cada vez mayor de gente ha comenzado a considerar métodos no prácticos. Uno de los favoritos es depositar en la energía nuclear expectativas mucho mayores a las que puede responder. La antigua creencia en la eficacia del Sol para producir alimentos ilimitados no ha muerto; ha sido reemplazada por la apelación pseudocientífica a los descubrimientos reales o esperados, como las energías nuclear y de fusión. Un folklorista moderno podría considerar este nuevo fenómeno como clara evidencia de que la creencia en lo oculto está aún viva en la pretendida Era Científica, la cual ha adoptado creer en lo que mucha gente supone ser ciencia como el germen de un mito, ignorando el espíritu y las enseñanzas de la ciencia. Ese confortante mito de una energía eléctrica y de alimentos ilimitados que surgen de él, y otras ganancias a obtenerse del uso pacífico de la energía atómica, difícilmente pueden ser anteriores a 1945: el Año de Hiroshima» (p. 7).

⁹⁷ ARU, pp. 66-70.

⁹⁸ Véase Hugh Nicol, *op. cit.*, *pássim*, y SA, pp. 64 *et seq.*

⁹⁹ Hugh Nicol, *op. cit.*, *pássim*, y NAS, p. 73.

¹⁰⁰ SA, pp. 125 *et seq.*

¹⁰¹ Comunicación privada del profesor Nicol.

¹⁰² *Business Week*, 3/X/1970: «El combustible fósil es el material de canje para todas nuestras comodidades, como también para gran parte de nuestros alimentos; y cuando el combustible fósil se vuelva escaso habrá una pugna por él, porque no habrá suficientes productos vegetales ni madera para quemar; el combustible fósil es el único otro material que se puede cambiar no sólo por alimentos, sino por todos los tipos de armas y de confort a que se ha acostumbrado el hombre técnicamente avanzado, y todo el “progreso” que ha llegado a esperar» (Hugh Nicol, *op. cit.*, p. 47).

¹⁰²^a «Comparados con los combustibles sólidos, los aceites de hidrocarburos presentan una fuente de energía mucho más flexible para alimentar los primeros móviles. Las reservas mundiales de hidrocarburos han adquirido así una importancia predominante, especialmente para las naciones muy industrializadas que tienen una gran población de esclavos de la energía» (ARU, p. 63).

¹⁰³ Ehrlich, p. 125.

¹⁰³^a Se citan las declaraciones del nuevo presidente de la Junta Nacional del Carbón británica (*The Times*, 23/VI/1971 : «...las perspectivas para la industria del carbón son mejores que a comienzos de la década de los sesenta. Se suponía entonces que las necesidades básicas de energía serían cubiertas por abundantes y económicos suministros de petróleo y la transmisión barata de energía nuclear transformada

en electricidad. *Ninguna de estas suposiciones resultó válida*. Los países productores de petróleo impusieron precios más altos, habían aumentado las prospecciones para encontrar nuevos recursos petrolíferos y los precios continuaban en alza. El progreso técnico en la energía nuclear no había sido tan acelerado como se esperaba. Se suponía que hasta que surgiera el reactor autoregenerador rápido en la década de los ochenta, la electricidad procedente de la energía nuclear no sería un combustible seriamente competitivo. El Sr. Ezra afirmó: “Se necesita una revisión completa de la política energética para tomar en cuenta los nuevos factores, y los factores más importantes en esta revisión es la seguridad de los suministros, por el cambio en la situación petrolífera”. Dijo que la industria del petróleo suplía el 50% de las necesidades de energía, y que la mayor parte del petróleo procede de África y Oriente Medio. “Esta no es una situación satisfactoria” – observó –; “*deberíamos ponernos como meta el corregirla, dando una mayor importancia al carbón*” (el subrayado es nuestro). Predijo un aumento en la producción británica de carbón. En otra sesión sobre la Junta Nacional del Carbón se declaró que las necesidades acumulativas de energía para los próximos 30 años serían de 400 000 mtce: “Esto... equivale a tres veces el consumo mundial total de energía desde el comienzo de la era industrial hasta el momento actual, cuatro veces las reservas de petróleo conocidas y siete veces las reservas de gas natural conocidas. En la actualidad, los países que tienen una expansión más rápida de sus necesidades energéticas son los industrializados, pero después de 1980 se espera que los países en vías de desarrollo comiencen a hacer demandas más importantes a los recursos energéticos mundiales. Japón, en su carrera por transformarse en una de las principales comunidades industriales del mundo, ha expandido sus necesidades de energía seis veces, de 49 mtce en 1950 a 308 mtce en 1969. Con la perspectiva de años flacos por delante, no es ilógico que las industrias del carbón, especialmente en Europa occidental, donde la producción disminuyó rápidamente durante la saturación de energía de los años sesenta, mire el futuro con esperanzas de un cambio de suerte» (*The Times*, 1/IX/1971).

^{103b} Un ingeniero de la General Motors Corporation observó recientemente que, pese a que los automóviles eléctricos no causan contaminación por ellos mismos, la creciente demanda de electricidad ocasionaría que las plantas de energía multiplicaran esta contaminación: «El Dr. Paul D. Agarwal, director del Departamento de Propulsión Eléctrica de los Laboratorios de Investigación de la GM, dijo en la reunión anual de la Sociedad de Ingenieros Automotores que la energía para alimentar a los automóviles eléctricos tendría que extraerse de las instalaciones eléctricas». «La mayoría de las plantas de energía eléctrica que existen efectúan la combustión de combustibles fósiles, y por tanto emiten contaminantes del aire, como óxidos de nitrógeno, bióxido de sulfuro y partículas, además de descargar gran cantidad de calor en el agua de refrigeración», afirmó. Agregó que las compañías de servicios ya tienen problemas para suministrar energía a las comunidades, y su capacidad estaría aún más agotada a causa de los automóviles eléctricos» (*The Straits Times*, 16/I/1971).

¹⁰⁴ Véase NAS, pp. 121 *et seq.*

¹⁰⁵ Esta afirmación puede confirmarse por muchas de las fuentes citadas a lo largo de este capítulo por ejemplo: Ehrlich, NAS, SA, etc.), pero véase también obras como la de Harry Magdoff, *The Age of Imperialism*, Nueva York, 1968. (Versión castellana: *La Era del Imperialismo*, Editorial Nuestro Tiempo, México, 1970.) Un funcionario del Ministerio del Interior norteamericano declaró recientemente a un Comité del Congreso, que Estados Unidos había consumido más minerales desde 1940 que todo el mundo en el tiempo anterior. Agregó que el país afrontaba una seria escasez de materias primas y que quizás no podría depender siempre de los suministros extranjeros (véase *Daily Telegraph*, 4/VIII/1971).

¹⁰⁶ Ehrlich, p. 61.

¹⁰⁷ *The Economist*, 23/I/1971.

¹⁰⁸ Boletín mensual de Estadística de las Naciones Unidas, septiembre de 1970.

¹⁰⁹ *The Straits Times*, 11/I/1971.

¹¹⁰ «En la actualidad, todas las naciones industriales, salvo quizás la Unión Soviética, son importadores netos de la mayoría de los minerales que usan» (NAS, p. 120). Véase también, J. P. Cole, *op. cit.*, p. 25.

¹¹¹ *International Herald Tribune*, 23/XII/1970.

¹¹² J. B. Cohen, *Japan's Economy in War and Reconstruction*, Mineapolis, 1949, se cita a un líder japonés: «Creo que una de las principales causas de esta guerra fue la cuestión del petróleo».

¹¹³ ARU, pp. 115 y 120.

¹¹⁴ NAS, p. 158: «Los cálculos sobre la utilización total de materias primas en Norteamérica, actualmente, ascendían al 50 por ciento del consumo mundial, con una proyección de las tendencias actuales a cerca del 80% en 1980... nuestro consumo supera mucho nuestra *parte* sobre la base de la población. Somos menos del 6% de la población mundial» (Ehrlich, p. 61).

¹¹⁵ Para una referencia interesante, por un importante geógrafo, véase K. Buchanan, *The Transformation of the Chinese Earth*, Londres, 1970.

¹¹⁶ NAS, p. 110.

¹¹⁷ NAS, p. 117.

¹¹⁸ Véanse, por ejemplo, citas de Malcolm Caldwell, en «Oil and Imperialism in East Asia», en *Journal of Contemporary Asia*, Vol. 1, N.º 3, 1971.

¹¹⁹ Ehrlich, pp. 61-62.

¹²⁰ SA, p. 206.

¹²¹ SA, p. 190.

¹²¹^a Hugh Nicol, *op. cit.*, p. 69.

¹²² Ehrlich, p. 62.

¹²³ Hugh Nicol, *op. cit.*, p. 271. Véase también, H. Brown, J. Bonner y J. Weir, *The Next Hundred Years*, Londres, 1959, pp. 59 *et seq.* y 151-152.